

Université de Montréal

**Devrait-on instaurer un péage métropolitain dans la  
région montréalaise?  
Une analyse avantages-coûts**

par

Vincent Hébert

Département de sciences économiques

Faculté des arts et des sciences

Rapport de recherche présenté à la Faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de Maître ès sciences (M.Sc.)  
en sciences économiques

Octobre, 2010

© Vincent Hébert, 2010



Université de Montréal  
Faculté des études supérieures

Ce rapport de recherche intitulé :

**Devrait-on instaurer un péage métropolitain dans la région montréalaise?**

Présenté par :  
Vincent Hébert

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Pr. Abraham J. Hollander  
directeur de recherche

Pr. Lars Ehlers  
membre du jury

Rapport de recherche accepté le



## Résumé

La congestion routière se manifeste lorsqu'il existe une inadéquation entre une demande de transport supérieure à la capacité offerte par le réseau routier. Ce déséquilibre occasionne des coûts économiques considérables de l'ordre d'un milliard de dollars annuellement pour la région montréalaise. Afin de rectifier cette situation, la ville de Montréal a élaboré un ambitieux programme de développement des infrastructures de transport routier et collectif afin d'accroître l'offre de transport de la région.

Cette étude vise à déterminer la rentabilité économique de l'une des options de financement envisagées qui consiste en l'instauration d'un péage urbain. À cette fin, deux différents scénarios de perception furent modélisés et soumis à une analyse avantages-coûts. Le premier scénario admet une zone compacte de 10 km<sup>2</sup> localisée au centre-ville de Montréal alors que le second scénario incorpore des territoires limitrophes afin de couvrir une superficie d'environ 42,5 km<sup>2</sup>.

Ce rapport considère l'économie de temps attribuable à la réduction de la congestion comme unique avantage du projet. Les coûts économiques sont matérialisés par les coûts d'exploitation, de construction, de perte de surplus des utilisateurs évincés et par la charge fiscale supplémentaire pour le transport en commun. En outre, les externalités retenues sont la réduction de la pollution et des accidents de la route. La période analysée se déroule sur un intervalle de onze années et est réalisée en dollars constants de 2003.

La valeur actuelle nette des deux scénarios de perception se chiffre respectivement à 434 375 255,03 \$ et 949 911 789,14 \$ conséquemment à un péage de 4 \$ et à un taux d'actualisation de 8 %. Ces résultats témoignent d'une préférence pour une zone de perception plus étendue et justifient de s'intéresser à ce mode de financement au profit de l'ensemble de la collectivité québécoise.

**Mots-clés :** péage urbain, tarification routière, péage de financement, analyse avantages-coûts

## Abstract

Congestion occurs when the volume of traffic generates a demand for space greater than the available road capacity, resulting in a saturation of the road network. This situation translates to considerable economic costs estimated to more than one billion dollars per year in the Montréal's region. Under these circumstances, the city of Montréal as laid out a series of improvements to the road and transit infrastructure to alleviate this capacity's shortage.

This study's aim is to evaluate the economic outcome of implementing road pricing as a mean to finance those investments. After a careful review of all the different alternatives, congestion charges were selected as the preferred option. Two toll ring schemes were then designed and evaluated under the cost-benefit analysis. The first scheme runs in a narrow area of 10 km<sup>2</sup> in downtown Montréal and the second scheme runs in a broader area of 42.5 km<sup>2</sup> including the latter one.

This research considers the shorter travel time as the only direct gain created by the introduction of the toll. The economic costs include initial investment, operational costs, loss of consumer surplus, and increased transit subsidies. Additionally, this project yields different externalities of which pollution reduction and road casualties were deemed the most prominent. The analysis time frame spans over 11 years and is valued in 2003 constant dollars.

The net present values of the two scenarios are \$434,375,255.03 and \$949,911,789.14 at a \$4 toll and with an 8% discount rate. These results show a significant difference between the two schemes – favouring the latter one – and a tremendous opportunity to unveil road pricing strategies to counter traffic congestion.

**Keywords :** road pricing, toll road, congestion pricing, cost-benefit analysis

# Table des matières

Résumé.....	i
Abstract .....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des tableaux.....	v
Liste des figures .....	vii
Liste des graphiques.....	vii
Liste des abréviations.....	viii
Liste des valeurs monétaires .....	ix
Remerciements.....	x
Introduction.....	1
1 - Mise en contexte.....	3
1.1 Problématique.....	3
1.2 Historique .....	5
1.3 Objectif de l'étude.....	6
2 - Théorie de la tarification de la congestion .....	7
2.1 Le péage urbain .....	8
2.2 La taxe de stationnement.....	11
2.3 Analyse économique de la congestion .....	15
3 - Modèle théorique.....	18
3.1 Portrait de la région montréalaise.....	18
3.2 Organisation et mise en œuvre du péage.....	21
4 - Méthodologie.....	34
4.1 Le taux d'actualisation et l'horizon temporel .....	34
4.2 L'achalandage .....	34
4.3 La congestion routière.....	37
4.4 La valeur du temps de déplacement .....	40
4.5 Les coûts généralisés de transport.....	45
4.6 La réduction de la demande.....	48

5 - Analyse avantages-coûts .....	63
5.1 Les avantages économiques .....	64
5.2 Les coûts économiques.....	67
5.3 Les externalités.....	78
5.4 La valeur résiduelle .....	84
6 - La valeur actuelle nette des projets .....	85
7 - Analyses de sensibilité .....	86
7.1 Taux de croissance de l'achalandage .....	86
7.2 Méthode du capital humain .....	87
7.3 Nouveaux utilisateurs du transport en commun.....	87
7.4 Taux d'actualisation .....	88
Conclusion .....	89
Bibliographie.....	90
Annexe I – Expériences internationales.....	xi
La zone soumise au péage.....	xiv
L'autorité responsable du péage .....	xv
Acceptation populaire et enjeux politiques.....	xvii
Niveaux et modulation des tarifs .....	xxii
La technologie de perception utilisée.....	xxiv
Annexe II – Cartes .....	xxx
Annexe III – Liste des modifications apportées aux données de l'enquête Origine-Destination .....	xl



## Liste des tableaux

Tableau 1 : Taux de change en vigueur au 1 <sup>er</sup> avril 2010 .....	ix
Tableau 2 : Déplacements tous modes, tous motifs selon la période, 2003-2011 .....	36
Tableau 3 : Comparaison du ratio de congestion incidente pour différentes villes .....	39
Tableau 4 : Classes de revenus annuels moyens .....	43
Tableau 5 : Salaires horaires bruts selon les six classes de revenu moyen .....	43
Tableau 6 : Salaires horaires nets selon les six classes de revenu moyen.....	44
Tableau 7 : Valeurs du temps de déplacement.....	44
Tableau 8 : Retards moyens pour se rendre au centre-ville de Montréal le matin et pour en sortir l'après-midi en 2003 .....	46
Tableau 9 : Retards moyens pour se rendre sur l'île de Montréal le matin et pour en sortir l'après-midi en 2003 .....	46
Tableau 10 : Nombre de véhicules en circulation selon le type d'utilisation, le type de véhicule et la région de résidence du propriétaire en 2003 .....	47
Tableau 11 : Nombre de déplacements par mode de transport – Scénario 1 .....	49
Tableau 12 : Nombre de déplacements par mode de transport – Scénario 2 .....	50
Tableau 13 : Nombre de déplacements par mode de transport et par motif – Scénario 1 ...	51
Tableau 14 : Nombre de déplacements par mode de transport et par motif – Scénario 2 ...	51
Tableau 15 : Avantages économiques nominaux – Scénario 1 .....	66
Tableau 16 : Avantages économiques nominaux – Scénario 2.....	66
Tableau 17 : Tarifs métropolitains du transport collectif.....	75
Tableau 18 : Coûts économiques nominaux – Scénario 1 .....	78
Tableau 19 : Coûts économiques nominaux – Scénario 2 .....	78
Tableau 20 : Coûts moyens des accidents selon la gravité .....	80
Tableau 21 : Coûts marginaux de la pollution des zones urbaines denses.....	82
Tableau 22 : Externalités économiques nominales – Scénario 1 .....	83
Tableau 23 : Externalités économiques nominales – Scénario 2 .....	83
Tableau 24 : Valeur actuelle nette économique des deux projets .....	85
Tableau 25 : Analyse financière des deux projets.....	85

Tableau 26 : Variation du taux de croissance de l'achalandage .....	86
Tableau 27 : Variation de la méthode de valorisation des incidents routiers .....	87
Tableau 28 : Variation du report modal .....	88
Tableau 29 : Variation du taux d'actualisation .....	88
Tableau 30 : Zones soumises au péage des villes sélectionnées .....	xv
Tableau 31 : Autorités responsables du péage dans les villes sélectionnées .....	xvii
Tableau 32 : Niveaux des tarifs des véhicules de promenade des villes sélectionnées ....	xxiii
Tableau 33 : Modulation des tarifs des villes sélectionnées .....	xxiv
Tableau 34 : Technologies de perception utilisée par les villes sélectionnées .....	xxix
Tableau 35 : Nombre de véhicules retirés de la circulation (2004) .....	xxxix
Tableau 36 : Revenus annuels du péage (2004) .....	xxxix

## Liste des figures

Figure 1 : Comparaison du coût social et du coût privé du transport .....	16
Figure 2 : Concentrations d'emplois dans la région de Montréal en 2001 .....	19
Figure 3 : Congestion routière durant la période de pointe du matin en 2003.....	21
Figure 4 : Zone de péage – Scénario 1 .....	25
Figure 5 : Zone de péage – Scénario 2.....	26
Figure 6 : Perte de surplus des usagers évincés .....	74
Figure 7 : Coût social du transport en commun .....	77
Figure 8 : Résumé des villes sélectionnées .....	xiii
Figure 9 : Carte détaillée des points de passage de la zone de péage – Scénario 1 .....	xxx
Figure 10 : Carte détaillée des points de passage de la zone de péage – Scénario 2 .....	xxxii
Figure 11 : Carte régionale des zones de péage – Scénarios 1 et 2.....	xxxiv
Figure 12 : Nombre de véhicules retirés de la circulation (2004) – Scénario 1 .....	xxxv
Figure 13 : Nombre de véhicules retirés de la circulation (2004) – Scénario 2.....	xxxvi
Figure 14 : Revenus annuels du péage (2004) – Scénario 1 .....	xxxvii
Figure 15 : Revenus annuels du péage (2004) – Scénario 2 .....	xxxviii

## Liste des graphiques

Graphique 1 : Demande de transport – Méthode 1 – Scénario 1 .....	54
Graphique 2 : Demande de transport – Méthode 1 – Scénario 2 .....	54
Graphique 3 : Demande de transport – Méthode 2 – Scénario 1 .....	55
Graphique 4 : Demande de transport – Méthode 2 – Scénario 2 .....	55

## Liste des abréviations

ALS	Area Licensing Scheme (Singapour)
AMT	Agence métropolitaine de transport
CAA	Canadian Automobile Association
CBD	Central business district
CMM	Communauté métropolitaine de Montréal
G	Milliard
LAPI	Lecture automatique des plaques d'immatriculation
LTA	Land Transport Authority (Singapour)
M	Million
MTQ	Ministère des Transports du Québec
PIB	Produit intérieur brut
RMR	Région métropolitaine de recensement
ROC	Reconnaissance optique de caractères
SAAQ	Société de l'assurance automobile du Québec
SM	Secteur municipal
SR	Secteur de recensement
SDR	Subdivision de recensement
TfL	Transport for London (Royaume-Uni)
TVA	Taxe sur la valeur ajoutée
VAN	Valeur actuelle nette

## Liste des valeurs monétaires

CAD	Dollar canadien
EUR	Euro
GBP	Livre sterling britannique
NOK	Couronne norvégienne
SEK	Couronne suédoise
SGD	Dollar de Singapour
USD	Dollar américain

Tableau 1 : Taux de change en vigueur au 1<sup>er</sup> avril 2010

Conversion de CAD		Conversion en CAD	
1 CAD	0,7315 EUR	1 EUR	1,3671 CAD
1 CAD	0,6492 GBP	1 GBP	1,5404 CAD
1 CAD	5,872 NOK	1 NOK	0,1703 CAD
1 CAD	7,1174 SEK	1 SEK	0,1405 CAD
1 CAD	1,3866 SGD	1 SGD	0,7212 CAD
1 CAD	0,9926 USD	1 USD	1,0075 CAD

Source : Banque du Canada (2010)

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à faire part de ma reconnaissance à mes parents qui me transmièrent, dès le jeune âge, leur détermination et le goût des études et sans qui je ne me serais lancé dans une telle démarche. Ces derniers prodiguèrent de précieux encouragements tout au long de ce long processus parsemé d'embûches.

J'aimerais également adresser des remerciements tout particuliers à mon directeur de recherche, le professeur Abraham Hollander, qui me guida de façon assidue tout au long de la rédaction de ce rapport. Ses judicieux conseils, son dévouement exceptionnel et ses excellentes suggestions représentent un apport essentiel à cette étude.

Enfin, un merci très spécial à toutes les personnes qui ont généreusement participé à la réalisation de l'une ou l'autre des étapes de ce mémoire. Je ne saurais passer sous silence les contributions de M. Pierre Tremblay du *Ministère des Transports du Québec* pour ses nombreuses références et de l'économiste Grace Aoun pour son aide et son soutien.

## Introduction

La ville de Montréal a proposé un ambitieux plan de développement du réseau de transport métropolitain. À la suite de nombreuses discussions et rencontres avec différents partenaires et avec les citoyens concernés, elle a soumis au conseil municipal de la ville de Montréal un document de travail intitulé *Plan de transport* qui englobe 21 grands chantiers dans le domaine du transport routier et du transport collectif. Ces grands travaux sont échelonnés sur un horizon de 20 ans et totalisent des investissements de l'ordre de 8 G\$ (Ville de Montréal, 2008).

Lors de la tournée de promotion en vue du vote au conseil municipal, M. André Lavallée, responsable de l'aménagement urbain et du transport au comité exécutif de la ville de Montréal, a prononcé une allocution devant l'*Association québécoise du transport et des routes* le 5 juin 2008 durant laquelle il a proposé d'instaurer un système de péage régional afin de financer les mesures contenues dans le document. Contre toute attente, l'idée fut bien reçue de la part des citoyens et du monde des affaires, sous les conditions que les sommes amassées devaient servir exclusivement au développement et au maintien de l'offre de transport collectif et au renouvellement des infrastructures routières. De plus, la ministre des Affaires municipales ainsi que plusieurs maires des banlieues rapprochées de Montréal ont salué l'initiative, mais ils ont plaidé pour un projet mobilisateur commun à l'ensemble de la région. En effet, le problème du transport ne touche pas seulement la ville de Montréal, mais plutôt l'ensemble des villes de la *Communauté métropolitaine de Montréal* (CMM) et occasionne des coûts économiques évalués à environ 1,4 G\$ par année (Les Conseillers ADEC inc., 2009).

Une des solutions proposées par la ville de Montréal et incorporées dans la version définitive du *Plan de transport* prévoit la création d'un fonds dédié exclusivement au transport et alimenté par les recettes générées par un péage régional. Selon des calculs préliminaires, les recettes annuelles d'une telle tarification atteindraient environ 425 M\$ pour la région métropolitaine (Ville de Montréal, 2008). Le scénario de perception envisagé est une gestion électronique du péage permettant d'assurer la fluidité de la circulation et accordant une flexibilité quant à la modulation des tarifs selon différentes catégories de véhicule.

La présente étude vise à répondre à la question suivante : *devrait-on instaurer un système de péage métropolitain dans la région montréalaise?* La réponse à cette interrogation nécessite de : (1) définir les modalités techniques permettant d'implanter un système de péage urbain dans la région de Montréal; (2) déterminer les paramètres optimaux permettant de souscrire à l'objectif de financement visé par son implantation et (3) analyser les recommandations formulées aux étapes précédentes afin de vérifier si ce projet dégage un avantage économique net pour la société québécoise.



# 1 - Mise en contexte

## 1.1 Problématique

Les villes constituant la *Communauté métropolitaine de Montréal* (CMM) font face à une congestion routière anémique qui grève la région d'importants coûts économiques. Entre 1998 et 2003, ces coûts ont littéralement explosé passant de 841 M\$ (\$ de 2003) à 1 423 M\$, une augmentation de 69 % (Les Conseillers ADEC inc., 2009). Toutefois, durant cette période, l'achalandage n'a augmenté que de 8 %, attestant de la saturation atteinte par le réseau métropolitain de transport. Devant cet état de fait, la ville de Montréal a élaboré un ambitieux programme de développement des infrastructures de transport routier et collectif afin d'accroître l'offre de transport de la région. La version définitive de ce programme d'investissement présente 21 grands chantiers sur un horizon de 20 années pour un coût global de plus de 8 G\$ (Ville de Montréal, 2008).

Le financement du transport dans la région montréalaise est excessivement complexe et se divise entre de nombreux acteurs. Les gouvernements provincial et fédéral, l'agglomération de Montréal, la CMM, les municipalités, les entreprises et le public utilisateur contribuent à ce financement. L'implantation d'un ambitieux programme d'investissement nécessite donc d'obtenir l'assentiment d'une majorité de ces intervenants. Une partie des projets proposés pourra être financée à même les programmes et revenus existants, mais le parachèvement de l'ensemble du programme nécessitera un apport financier annuel de l'ordre de 240 M\$ (Ville de Montréal, 2008). Cette pression financière additionnelle est difficilement réalisable pour les municipalités, ces dernières s'appuyant majoritairement sur une source de revenus inélastique par rapport à la croissance économique, en l'occurrence l'impôt foncier<sup>1</sup>. Les deux paliers gouvernementaux supérieurs sont également aux prises avec de sérieux problèmes d'allocation des ressources dans un contexte épineux de revenus en baisse et de dépenses en hausse à la suite de

---

<sup>1</sup> Actuellement, 50 % des taxes au Canada sont perçues par le gouvernement fédéral, 42 % par les gouvernements provinciaux et 8 % seulement par les municipalités (Ville de Montréal, 2008, p. 221).

l'éclatement de la crise financière mondiale. Ce contexte défavorable appelle à la création de nouvelles sources de financement prévisibles et constantes.

Une avenue possible et proposée récemment par les maires de la région de Montréal consiste en l'accroissement de la taxe d'accise sur l'essence (Bisson, 2010). Cette option a effectivement le mérite de regarnir à court terme les coffres des gouvernements, mais elle se bute aux prévisions formulées à l'encontre de cette source de financement dans le futur. En effet, la consommation d'essence est passablement inélastique à court terme, mais devient de plus en plus élastique à moyen et long terme (Litman, 2010). Une hausse soutenue du prix de l'essence implique une période d'adaptation durant laquelle les agents ne peuvent procéder à la modification des composantes affectant la consommation telles que la voiture utilisée ou la distance entre le lieu de travail ou d'étude et la résidence. Toutefois, les agents apporteront des correctifs à ces composantes à moyen et long terme afin de moduler leur consommation d'essence au niveau souhaité. Cette situation se traduit par des revenus liés à la taxe d'accise constamment décroissants comme en témoignent les prévisions américaines (Oh & Sinha, 2008).

Une autre option possible serait de transmettre une partie d'une taxe prélevée par un gouvernement de palier supérieur aux municipalités ou de créer de nouveaux champs fiscaux propres aux administrations locales. Toutefois, les négociations entourant ces deux propositions se heurtent à des considérations politiques dépassant considérablement le domaine du transport et s'inscrivent dans une refonte globale du régime fiscal municipal.

Enfin, une initiative mise de l'avant dans le cadre du *Plan de transport* de la ville de Montréal consiste en la création d'un péage métropolitain afin de souscrire au principe de l'utilisateur-payeur relativement aux choix de déplacement. Les sommes amassées par cette source de financement seraient dévolues à un fonds régional sous l'égide de la CMM et permettraient aux participants de financer et d'exploiter des projets liés au transport collectif et actif. L'implantation de cette solution permettrait de générer des revenus annuels potentiels de l'ordre de 425 M\$ (Ville de Montréal, 2008) malgré que les modalités de mise en œuvre et d'administration de ce péage ne soient pas encore dévoilées.

L'objectif de cette étude est donc de définir des hypothèses de travail réalistes afin de permettre l'élaboration d'un scénario d'implantation tangible de ce projet de péage métropolitain.

## 1.2 Historique

La tarification routière dans le paysage montréalais a été mise en veille suite à l'abolition du péage sur le pont Champlain en mai 1990. Depuis cette période, aucune infrastructure de transport routier n'a fait appel à la tarification directe auprès des usagers. Toutefois, cette situation sera modifiée substantiellement suite à la réalisation des projets de prolongement des autoroutes 25 et 30 qui utiliseront un système de péage sur une partie de leur tronçon. Ces sommes permettront aux opérateurs privés responsables des installations de financer la construction et l'exploitation de ces structures. Cette tendance est perceptible à l'échelle internationale où un nombre croissant de projets d'infrastructure sont confiés, en tout ou en partie, à des consortiums privés afin d'alléger le fardeau fiscal imposé par la réfection et l'expansion des réseaux de transport par les autorités publiques.

Cette tendance est également visible en ce qui concerne les péages urbains qui tarifient les usagers en marge de zones fortement fréquentées. Ce type de tarification est généralement mis en application afin d'inciter un changement de comportement auprès des usagers afin de les sensibiliser au coût réel de leur choix de déplacement. Le coût additionnel imputé à leur déplacement se traduit par un report modal ou horaire, par une modification de leur itinéraire ou par l'annulation de leur trajet. L'implantation de ce type de péage est limitée à un nombre restreint de villes, mais un nombre grandissant de régions s'intéressent à ce mode de gestion de la demande de transport à l'image de Montréal<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Les villes de New York (États-Unis) et de Manchester (Royaume-Uni) ont statué contre l'implantation d'un péage urbain en 2008. La ville de San Francisco (États-Unis) étudie à l'heure actuelle différents scénarios afin de combattre son problème de congestion (San Francisco County Transportation Authority, 2010). La ville de Paris (France) étudie également l'implantation d'un péage urbain (Allix, 2010).

### 1.3 Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est de répondre à la question suivante :

*Devrait-on instaurer un système de péage métropolitain dans la région montréalaise?*

Malgré la simplicité de la question, la réponse à cette interrogation ne peut être formulée qu'à la suite de multiples précisions. Premièrement, il importe de mentionner à nouveau que cette étude présente l'un des scénarios d'application envisageable pour ce type de tarification dans la région de Montréal. L'assise de ce modèle repose sur différentes hypothèses et contraintes inhérentes à la réalisation d'une telle étude. La modélisation retenue doit donc être considérée en fonction de ces limites et ne peut, en aucun cas, être transposée à un projet analogue. De plus, les hypothèses retenues ne visent que l'auteur de cette étude et ne peuvent, sous aucun prétexte, être imputables aux villes ou arrondissements mentionnés dans ce rapport. Les modalités techniques retenues reposent également sur des hypothèses de travail jugées réalistes au moment de l'étude.

Deuxièmement, la réalisation de cette étude a nécessité l'utilisation et la manipulation de données et de renseignements provenant de l'*Agence métropolitaine de transport* (AMT) et du *Ministère des Transports du Québec* (MTQ). Toutefois, les contraintes et limites retenues n'engagent que l'auteur de cette étude et ne peuvent être assimilables à une inexactitude quant à l'information échangée par ces deux agences.

Enfin, ce rapport se base sur les fondements développés par l'analyse avantages-coûts pour déterminer la rentabilité économique d'un projet et analysera la situation du point de vue de la société québécoise.

## 2 - Théorie de la tarification de la congestion

L'analyse économique de la congestion exige tout d'abord que le concept de la congestion soit défini avant de pouvoir l'étudier. Dans la littérature scientifique, on définit généralement la congestion routière comme une inadéquation entre une demande de transport supérieure à la capacité offerte par le réseau routier. Cette situation de déséquilibre occasionne des désagréments à l'ensemble des utilisateurs victimes de la congestion que l'on nomme externalités négatives. Une externalité se présente lorsque « *les décisions de production ou de consommation d'un agent ont un impact sur l'utilité ou le profit d'un autre agent de manière non intentionnelle et qu'aucun paiement ou compensation n'est versé par le générateur de l'impact sur la partie adverse* »<sup>3</sup>.

Habituellement, il est impossible de dénombrer ou de monétiser avec certitude l'ensemble des externalités. Afin de pallier cette lacune, l'analyse incorpore généralement les externalités les plus importantes ou les plus évidentes. Dans un contexte de congestion, les externalités négatives usuelles sont l'augmentation du temps de déplacement des usagers, l'augmentation des coûts d'exploitation des véhicules et la dégradation de l'environnement. Ces problèmes résultent d'une situation où chacun des usagers du réseau routier fonde sa décision de déplacement en considérant uniquement son coût privé sans prendre en considération le coût subi par l'ensemble de la société. Afin d'altérer cette situation inefficace, la théorie économique suggère d'imposer ou de majorer le prix du bien et elle préconise deux interventions différentes.

La première approche consiste à imposer un droit d'accès à la zone problématique afin de réduire le nombre de déplacements quotidiens vers ce territoire. Cette mesure, communément désignée sous l'expression « péage urbain », est expérimentée dans un nombre limité de villes à l'échelle internationale. La seconde approche s'appuie sur la majoration des droits liés au privilège de pouvoir séjourner à l'intérieur de la zone conflictuelle afin de dissuader les automobilistes de s'y aventurer. Cette mesure se

---

<sup>3</sup> Source : Perman, Ma, McGilvray, & Common (2003, p. 134) – Traduction libre.

matérialise sous la forme d'une taxe de stationnement et admet des conclusions mitigées quant à l'efficacité de son application contre la congestion.

## **2.1 Le péage urbain**

Le péage urbain se définit comme étant « *toute forme quelconque de paiement imposé aux véhicules pour pouvoir circuler en certains endroits de certaines parties des zones urbaines. Il se définit à la fois par les objectifs auxquels il concourt et par les formes d'organisation (périmètres, tarifs) qui le constituent (cordon, zone, réseau...)* »<sup>4</sup>. Le péage urbain est donc une méthode de régulation du transport routier utilisée par les autorités compétentes en matière de mobilité d'un secteur donné, afin de répondre aux exigences posées par le territoire ou par l'administration locale. Il existe sous deux formes prédominantes, à savoir le péage d'infrastructure ou le péage de zone et vise à accorder l'accès à une structure ou un espace à l'utilisateur qui acquitte un droit de passage.

L'objectif du péage influence quatre caractéristiques fondamentales : (1) le périmètre de la zone couverte; (2) les niveaux de tarification; (3) la modulation des tarifs entre les usagers et (4) l'affectation des ressources amassées.

### **2.1.1 Le périmètre de la zone couverte**

Le périmètre concerné par le péage varie grandement d'un projet à l'autre et est généralement choisi en fonction de l'objectif poursuivi par le péage et par les possibilités offertes sur le territoire d'implantation. On distingue trois types de périmètre différents à savoir le péage de cordon, le péage de zone et le péage de réseau.

Le péage de cordon tarifie l'utilisateur lorsqu'il franchit une ligne imaginaire autour d'un territoire donné par le biais de portes de péage. Ces portes d'entrée/sortie peuvent être distribuées de manière à forcer l'utilisateur à payer un droit de passage, peu importe l'itinéraire choisi ou permettre une forme d'arbitrage entre des routes tarifées et non tarifées. Certaines villes tarifient l'entrée seulement (Oslo, Norvège) ou l'entrée et la sortie de la zone

---

<sup>4</sup> Source : Centre d'analyse stratégique (2008, p. 49)

(Stockholm, Suède), mais les usagers circulant à l'intérieur des zones ciblées n'ont pas à déboursier de frais. L'effet recherché par un péage de cordon est de dissuader l'usage de la voiture dans la zone couverte, généralement, le centre d'une agglomération.

Le péage de zone tarifie l'utilisateur lorsqu'il pénètre dans la zone et également pour avoir le privilège d'y circuler. L'intérieur de la zone est soumis à un péage selon la distance parcourue par l'utilisateur ou selon la durée où il demeure dans la zone. Il s'agit donc d'un perfectionnement du péage de cordon et concerne généralement un territoire beaucoup plus restreint comme la zone urbaine centrale d'une agglomération (Londres, Royaume-Uni). L'effet recherché est de réduire la congestion dans une zone généralement très dense et englobant une partie importante des emplois d'une région.

Le péage de réseau tarifie l'utilisateur selon la distance qu'il parcourt sur un réseau coordonné de voies rapides d'une région. Généralement, le péage de réseau est un ensemble d'autoroutes de déviation ou de contournement qui vise à permettre à l'utilisateur qui s'y aventure d'éviter de pénétrer dans une zone agglomérée dense. L'effet recherché est de fluidifier la circulation des agents se dirigeant dans l'agglomération en détournant une partie des usagers non essentiels.

### **2.1.2 Les niveaux et la modulation des tarifs**

Les projets de péage utilisent également les niveaux et la modulation des tarifs pour envoyer un signal prix aux usagers. En effet, l'implantation d'un péage occasionne un coût pour l'utilisation d'un ouvrage auparavant gratuit provoquant un changement de comportement pour les usagers. Selon l'objectif poursuivi par le péage, la tarification peut être modulable en fonction des périodes de la journée dans le cadre des péages de congestion (Singapour, Singapour) ou selon les nuisances environnementales provoquées par l'utilisateur (Milan, Italie). De plus, la tarification est généralement modulée selon le type de véhicule de l'agent, facturant un camion lourd de manière beaucoup plus importante qu'une voiture personnelle. Enfin, le niveau de la tarification peut être faible afin de ne pas pénaliser indûment les usagers pour des obstacles naturels hors de leur contrôle (Oslo,

Norvège) ou élevé afin de modifier substantiellement les comportements nuisibles des usagers (Londres, Royaume-Uni).

### **2.1.3 L'affectation des ressources**

L'utilisation des sommes amassées par les projets de péage est généralement un des facteurs déterminants dans la légitimation du péage auprès des usagers tarifés. En effet, la volonté politique d'implanter un péage dans une zone ne fait généralement pas consensus auprès de la population ciblée. Les autorités locales doivent donc déterminer au préalable la finalité des recettes perçues par le péage et définir l'horizon durant lequel le péage sera perçu. En général, les revenus du péage servent à financer le développement ou l'exploitation d'infrastructures routières et de transport collectif.

### **2.1.4 Classification des péages urbains**

On classe les différents péages urbains selon les applications auxquels ils sont destinés, à savoir le financement d'infrastructures, la diminution de la congestion ou la diminution des problèmes environnementaux. Toutefois, on observe généralement une combinaison de ces différents éléments ou une mutation d'une catégorie vers une autre, car il est difficile de dissocier ces diverses composantes tant leur finalité est liée. On dénombre à l'heure actuelle une infime quantité de projets de chaque type ce qui rend toute comparaison plutôt simple.

Le péage de financement vise à percevoir des recettes afin de soutenir un programme d'infrastructures routières ou de transport en commun. Son principe repose sur une tarification très faible et sur une base étendue d'usagers, non nécessairement bénéficiaires directs des installations développées. Ce mode de tarification permet de disséminer le fardeau financier des investissements entre le plus grand nombre d'acteurs possibles plutôt que d'imposer cette charge aux contribuables locaux. Cette situation modifie superficiellement les comportements des agents et ne vise généralement pas à combattre la congestion routière.



La légitimité d'un tel financement n'est accordée que lorsqu'il peut être démontré que le coût d'opportunité du capital prélevé par le péage est plus faible qu'avec un moyen alternatif, que le programme n'aurait pu être implanté faute de ressources des autorités locales et que les projets soutenus dans le programme apportent une utilité aux usagers de l'agglomération plus grande que les coûts engendrés.

Le péage de décongestion est implanté dans le but de réguler la demande excessive de circulation automobile en limitant, grâce à un prix, l'utilisation d'un espace en fonction du temps. Son fonctionnement s'appuie sur la disposition à payer des différents utilisateurs du réseau routier. Ainsi, les utilisateurs possédant les valeurs de temps les plus élevées sont incités à assumer le péage tandis que les utilisateurs aux valeurs de temps les plus faibles sont encouragés à altérer leur comportement. Ces changements se réalisent sous différentes formes, dont une modification de l'itinéraire, de l'horaire de déplacement ou du mode de transport. La légitimité d'un tel système est conditionnelle aux gains de temps anticipés par une réduction de la congestion.

Récemment, certaines villes ont adopté une nouvelle forme de tarification afin de combattre les externalités négatives provoquées par l'utilisation d'une voiture en milieu urbain. Cette tarification est basée sur l'internalisation des externalités négatives telles que le bruit, la pollution atmosphérique ou l'insécurité que subissent les habitants d'une zone déterminée. Le péage environnemental est modulé en fonction des caractéristiques d'un véhicule et vise à compléter des mesures de réglementation de la pollution et à inciter les agents à renouveler un parc automobile désuet.

## **2.2 La taxe de stationnement**

Une voiture personnelle est garée plus de 80 % du temps en moyenne (RAC Foundation, 2004). Néanmoins, malgré cette proportion démesurée, la recherche dans le domaine des transports se concentre majoritairement sur l'analyse de la congestion, de la sécurité et de l'environnement pour les véhicules en déplacement (Marsden, 2006). Une des raisons expliquant cette carence est la portée limitée des politiques de stationnement. En effet, ces politiques ne s'appliquent généralement que sur un territoire restreint et ne visent

que les espaces publics. De plus, malgré des objectifs divergents entre l'aménagement du territoire, la régulation de la demande de transport et le financement municipal, peu d'enjeux cruciaux découlent de ces politiques. En outre, il est difficile de comparer les résultats des différentes études, car l'emplacement d'un espace de stationnement est intimement lié à son utilisation (Feeney, 1989). Toutefois, il est possible de définir certains concepts économiques reliés au stationnement.

### **2.2.1 La tarification d'un espace de stationnement**

Tout d'abord, les caractéristiques des espaces de stationnement permettent de les associer à des biens privés. En effet, un seul véhicule peut occuper un espace de stationnement durant une période déterminée et le bénéfice retiré par cet utilisateur n'est pas altéré par le nombre de véhicules stationnés. Selon ces constats, la tarification appropriée s'établit au niveau du coût marginal lié à la fourniture de cet espace (Vickery, 1954). Toutefois, cette justification fait abstraction du caractère singulier du secteur des transports et en particulier de la relation étroite qui existe entre le stationnement et l'utilisation des routes (Glazer & Niskanen, 1992). Cette apparente dichotomie est le fruit d'une différente interprétation des conditions initiales plutôt que sur la supériorité d'une des deux démarches. En effet, les analyses effectuées sous l'hypothèse d'absence de congestion adoptent la tarification marginale afin de mesurer le prix optimal d'un espace en fonction de la durée du stationnement. À l'inverse, la durée du stationnement et le nombre de voitures sont généralement considérés comme étant des constantes des simulations entreprises sous l'hypothèse de congestion afin de simplifier les modélisations.

Cependant, un modèle perfectionné fut réalisé dans le but de déterminer la relation entre la congestion, la durée du stationnement et le nombre d'utilisateurs (Glazer & Niskanen, 1992). Les résultats sont mitigés quant à l'impact sur la congestion de l'imposition d'une taxe d'un montant forfaitaire. En effet, l'éviction des usagers ne disposant pas d'une volonté de payer suffisante en réponse à l'augmentation du coût du stationnement sont en partie remplacés par de nouveaux utilisateurs traversant la zone problématique sans effectuer d'arrêts. De plus, l'imposition d'une taxe variable selon le

temps d'utilisation contribue à la réduction de la durée moyenne du stationnement des utilisateurs. Cette situation accroît potentiellement le nombre de voitures pouvant utiliser les espaces de stationnement quotidiennement ce qui se solde par une conclusion ambiguë quant au problème de congestion.

Les auteurs ont ensuite tenu compte des coûts liés à la recherche d'un espace de stationnement. Sous cette contrainte, une augmentation de la taxe variable par unité de temps diminue la durée de la recherche. Cette affirmation est liée à la conclusion précédente où une hausse de la taxe variable se traduit par une diminution de la durée de stationnement. Incidemment, les utilisateurs sont encouragés à rechercher un stationnement, car les chances qu'un espace se libère sont plus importantes suite à la hausse du prix. Cette situation exacerbe le problème de congestion en incitant un plus grand nombre d'utilisateurs à se diriger vers la zone problématique plutôt qu'à se garer en périphérie. Une conclusion similaire fut démontrée grâce à un modèle de centre urbain incorporant de la congestion et des espaces de stationnement sur rue à un point de saturation (Arnott & Inci, 2006). Cette étude démontre qu'il est préférable d'augmenter le coût du stationnement dans le but d'éliminer la recherche même si les espaces demeurent saturés. Une revue récente de la littérature suggère qu'environ 30 % des utilisateurs recherchent un espace de stationnement pour une durée moyenne d'environ 8,1 minutes (Shoup, 2006). Ce constat illustre que le coût du stationnement est actuellement à un niveau sous-optimal et qu'une majoration du prix est souhaitable afin d'éliminer cette phase de recherche.

La conclusion principale de l'étude de Glazer & Niskanen (1992) est que l'imposition d'une taxe de stationnement n'est pas assimilable à une augmentation du coût de déplacement pour tous les usagers. En somme, il est impossible de prévoir avec certitude l'impact sur la congestion d'une majoration du prix du stationnement.

## **2.2.2 Les résultats empiriques**

Une étude d'Albert & Mahalel (2006) s'est intéressée aux préférences révélées par les automobilistes relativement à l'imposition d'un péage de congestion ou d'une taxe de stationnement afin de combattre le problème de la congestion. Les résultats démontrent que

la volonté de payer une taxe de stationnement est plus élevée que pour l'acquittement d'un péage. En effet, l'élasticité-prix de la demande est 50 % plus élevée pour l'implantation d'un péage comparativement à une taxe de stationnement. Cette différence peut être attribuable au fait que la tarification des espaces de stationnement est un concept généralement accepté et usuel pour la population. De plus, l'acquittement d'une taxe de stationnement occasionne l'appropriation d'un concept tangible (c.-à-d. un espace de stationnement) comparativement au paiement d'un péage.

Une autre étude s'est penchée sur le comportement des usagers pour motif travail et autre lors d'une variation de prix des espaces de stationnement sur rue (Kelly & Clinch, 2006). Les résultats de cette analyse démontrent que pour de faibles variations, aucune différence notable n'existe entre les différents segments de marché. Toutefois, une variation de prix plus prononcée (une hausse de 167 %) affecte substantiellement les utilisateurs pour motif autre alors que les travailleurs sont relativement fidèles à leurs habitudes de stationnement. Les résultats affichent également une attitude progressive des utilisateurs relativement au changement de prix avec une limite supérieure distincte à partir de laquelle les deux sous-groupes modifient substantiellement leur comportement.

La littérature admet également la carence évidente en ce qui a trait à des expériences empiriques « réelles » afin de sanctionner les modèles théoriques. Récemment, une étude s'est appuyée sur des données *ex ante* et *ex post* provenant de préférences révélées en réponse à l'introduction d'une hausse de 50 % du tarif horaire du stationnement sur rue dans la ville de Dublin, Irlande (Kelly & Clinch, 2009). Les conclusions obtenues de cette analyse affichent une demande agrégée de nature très inélastique avec la présence de variations plus prononcées en matinée et le samedi. Ces constats suggèrent que la tarification des espaces de stationnement pourrait générer des effets marginaux positifs sur la circulation matinale en réduisant l'achalandage vers la zone soumise à la nouvelle taxe. De plus, la durée du stationnement a diminué de 16,5 % en moyenne alors que la fréquentation totale a régressé de 4,18 %. Cette diminution de l'utilisation des espaces de stationnement suppose, à priori, un impact positif sur la congestion. Toutefois, cette étude ne prend pas en considération les stationnements intérieurs et les stationnements privés qui

ne furent pas affectés par l'augmentation de la taxe de stationnement. Ces stationnements sont généralement utilisés par les travailleurs et représentent la proportion la plus importante de la circulation matinale. Les conclusions de cette étude doivent donc être considérées en fonction des limites méthodologiques imposées par les données utilisées, mais correspondent à un premier pas dans la bonne direction.

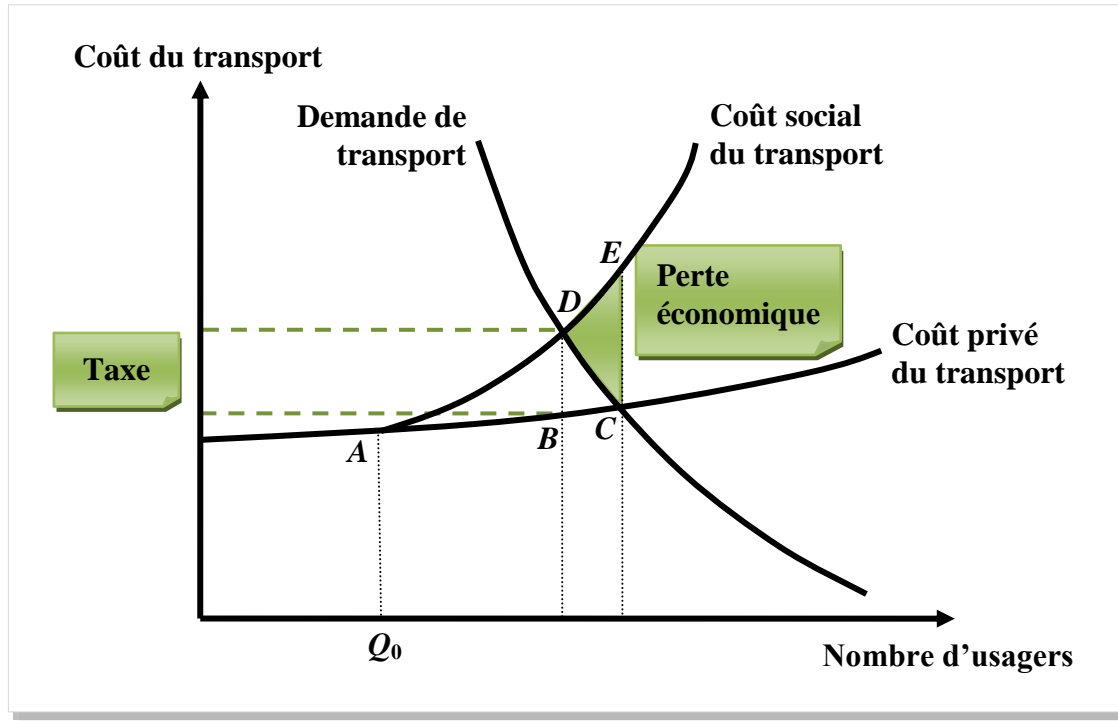
### 2.3 Analyse économique de la congestion

Le débat sur la congestion routière et les mesures d'atténuation proposées pour l'éviter font rage entre les économistes depuis le début du siècle dernier (Pigou, 1920) (Knight, 1924) et sont généralement associées à des mesures exposées par ces derniers. En effet, la *taxe pigouvienne* est l'un des instruments de régulation privilégiés par les économistes pour la correction des défaillances du marché causées par des externalités négatives. La caractéristique principale de cette mesure est que le montant de la taxe est déterminé en fonction du coût marginal social occasionné par la présence d'une externalité. Cette situation permet d'imposer des correctifs aux incitations déficientes et d'utiliser les mécanismes de marché afin d'assurer une allocation efficace des ressources. La Figure 1 illustre graphiquement le concept de la *taxe pigouvienne*.

Le coût privé est égal au coût social du transport lorsque la circulation n'est pas assujettie à la congestion. Cet état de fait demeure une réalité jusqu'à ce que le nombre d'usagers atteigne le niveau critique  $Q_0$  au point A. À cet instant, tout véhicule additionnel génère de la congestion qui accable l'ensemble des utilisateurs du réseau routier, occasionnant un coût social supérieur au coût privé. L'équilibre est atteint au croisement des courbes du coût privé et de la demande de transport au point C. Aucun véhicule additionnel ne s'aventurera alors sur le réseau, car la volonté de payer, représentée par la droite de demande, est inférieure au coût subit par l'utilisateur. Néanmoins, cet équilibre est inefficace du point de vue économique, car cette situation occasionne un gaspillage de ressources indiqué par la surface CDE. Afin d'éviter ce gaspillage, l'achalandage sur le réseau routier doit être diminué au niveau  $Q^*$ , représentant l'optimum social à la suite du croisement des courbes de demande et de coût social au point D. L'imposition d'une taxe

d'un montant  $BD$  assurera alors une utilisation optimale de la route pour la société. Cette taxe peut prendre la forme d'un péage afin de limiter le nombre d'utilisateurs traversant la zone problématique ou faire l'objet d'un droit de séjour sous la forme d'une taxe de stationnement.

Figure 1 : Comparaison du coût social et du coût privé du transport



La tarification routière électronique est habituellement présentée comme étant le meilleur instrument économique afin de réguler le domaine du transport (Verhoef, Nijkamp, & Rietveld, 1995). La raison de cette supériorité est liée à la plus grande flexibilité accordée par l'implantation d'un péage. En effet, le péage peut être modulé selon plusieurs caractéristiques liées directement au déplacement telles que la durée du trajet, la période de la journée, le tracé retenu ou le véhicule utilisé. Ces caractéristiques déterminent en grande partie les coûts des externalités négatives d'un déplacement et permettent ainsi de définir un montant optimal pour une *taxe pigouvienne*. À l'inverse, une taxe de stationnement offre moins de flexibilité, car elle n'affecte que la partie finale d'un trajet ce qui n'influence que le nombre de déplacements totaux vers une zone.

De plus, l'implantation d'une politique de régulation de la congestion routière grâce à une taxe de stationnement implique une subvention implicite des trajets les plus longs au détriment des trajets les plus courts (Verhoef, Nijkamp, & Rietveld, 1995). En effet, malgré une réduction globale des trajets de courte et de longue distance, la plupart des externalités négatives dans le domaine des transports sont liées à la distance de déplacement. L'imposition d'une taxe unique suppose que les utilisateurs se déplaçant sur de longues distances sont favorisés, car ils n'acquittent qu'une faible proportion des externalités négatives qu'ils produisent. À l'opposé, les automobilistes se déplaçant sur de courtes distances financent directement la taxe, car ils déboursent en moyenne un montant supérieur aux torts qu'ils occasionnent.

L'implantation d'une taxe de stationnement ne peut donc pas être présentée comme un substitut parfait à la mise en place d'un péage urbain. Toutefois, malgré ce constat, l'établissement d'une taxe de stationnement ne doit pas être rejeté. En effet, malgré que la taxe de stationnement corresponde à une solution dite de *second best*, elle peut s'avérer beaucoup plus facile à adopter du point de vue logistique, politique et social. En outre, la possibilité d'implanter la taxe de stationnement sans investissement majeur est un atout de taille comparativement à l'implantation d'un péage urbain.

Néanmoins, les points négatifs soulevés précédemment tels la distorsion occasionnée entre les différents types d'utilisateurs selon la distance parcourue, la possibilité de se soustraire de la taxe en bénéficiant d'un stationnement privé ou en n'effectuant aucun arrêt dans la zone problématique en plus de l'obligation de devoir affecter des ressources considérables à l'application de la mesure sont des éléments décisifs justifiant d'éliminer cette option de cette étude. Le péage urbain représente donc la seule approche retenue et la prochaine partie divulgue la modélisation retenue pour l'implantation d'un péage urbain dans la région de Montréal.

### 3 - Modèle théorique

L'implantation d'un projet de péage est orchestrée en fonction de particularités géographiques, sociologiques, urbanistiques, historiques, politiques et économiques. Ces composantes varient fondamentalement d'une région à l'autre ce qui confère un caractère unique à chacun des projets. Néanmoins, il existe un nombre restreint d'expériences internationales qui mettent en lumière des constats incontournables quant à l'établissement d'un nouveau péage<sup>5</sup>. Cette partie dévoile la modélisation retenue pour la réalisation d'un péage urbain dans la région montréalaise en fonction de cette expertise étrangère.

#### 3.1 Portrait de la région montréalaise

La *Communauté métropolitaine de Montréal* est organisée dans une configuration monocentrique particulièrement dense comparativement à ses consœurs continentales. Son territoire couvre une superficie de 4 360 km<sup>2</sup> et englobe environ la moitié de la population québécoise avec 3,6 millions d'habitants en 2009. Les villes les plus importantes sont Montréal (45,9 % de la population de la région), Laval (10,4 %) et Longueuil (6,5 %) (Communauté métropolitaine de Montréal, 2010). Le nombre de municipalités composant ce regroupement est aussi impressionnant avec 82 entités différentes, mais la majorité de la région est à vocation agricole, représentant 50,9 % du territoire alors que 12 % est occupé par des surfaces aquatiques (Communauté métropolitaine de Montréal, 2008). L'étalement urbain manifesté durant les dernières décennies est similaire aux dynamiques des pays industrialisés, mais le poids de la ville centre demeure une anomalie comparativement aux agglomérations américaines et européennes. En effet, le centre de l'agglomération représente environ 50 % de la population de la région alors que ce ratio se situe généralement entre 20 % et 30 % pour les cités européennes (Paulhiac & Kaufmann, 2006).

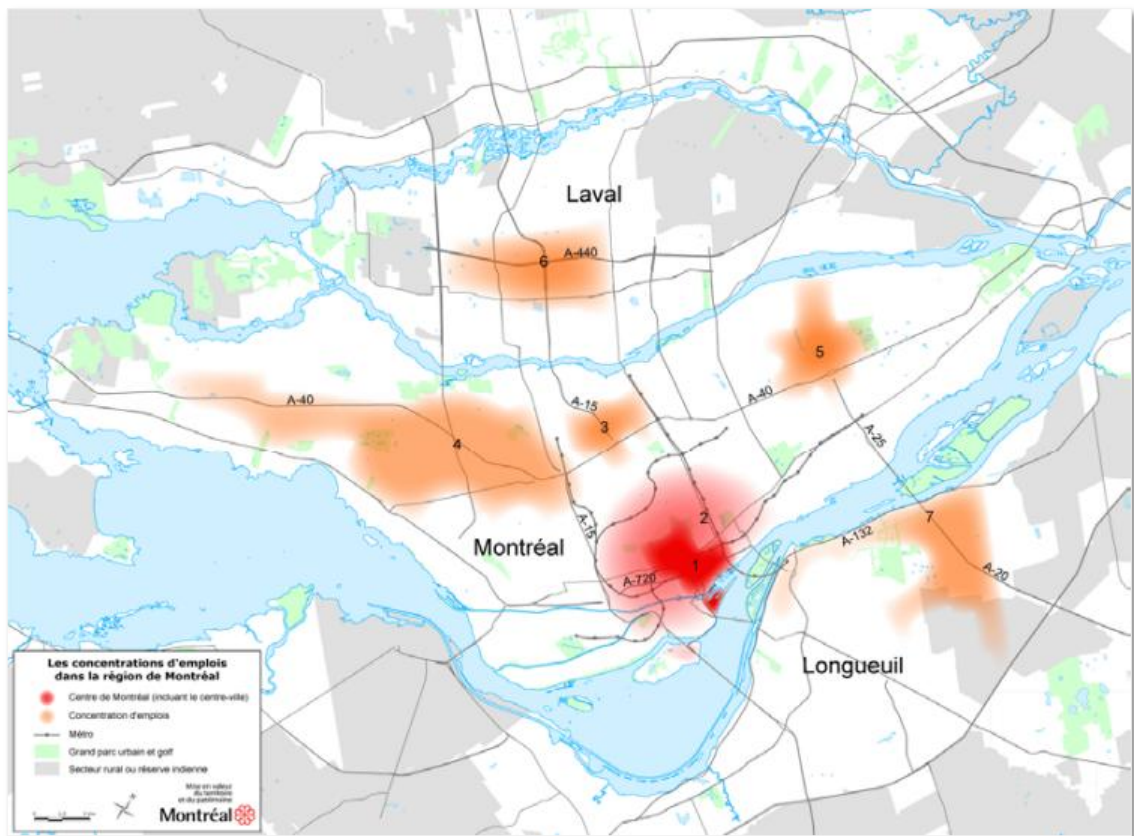
---

<sup>5</sup> Les projets de péage des villes de Singapour (Singapour), d'Oslo (Norvège), de Londres (Royaume-Uni) et de Stockholm (Suède) sont présentés en détail en Annexe I.



La région montréalaise est également le principal moteur de l'économie québécoise représentant environ la moitié du PIB et des emplois de la province. Néanmoins, la décentralisation des emplois montréalais vers les zones périphériques s'est effectuée à un rythme modéré comparativement à la moyenne continentale. En effet, les emplois demeurent majoritairement positionnés au centre de l'agglomération alors que la tendance nord-américaine affiche plutôt une répartition spatiale des emplois de l'ordre de 2/3 pour la périphérie et de 1/3 pour le centre de l'agglomération (Paulhiac & Kaufmann, 2006). De plus, le centre-ville de Montréal conserve son titre de premier pôle d'emplois de la région avec environ 17 % de l'effectif total alors que les couronnes nord et sud enregistrent les croissances les plus importantes depuis les dernières années.

Figure 2 : Concentrations d'emplois dans la région de Montréal en 2001



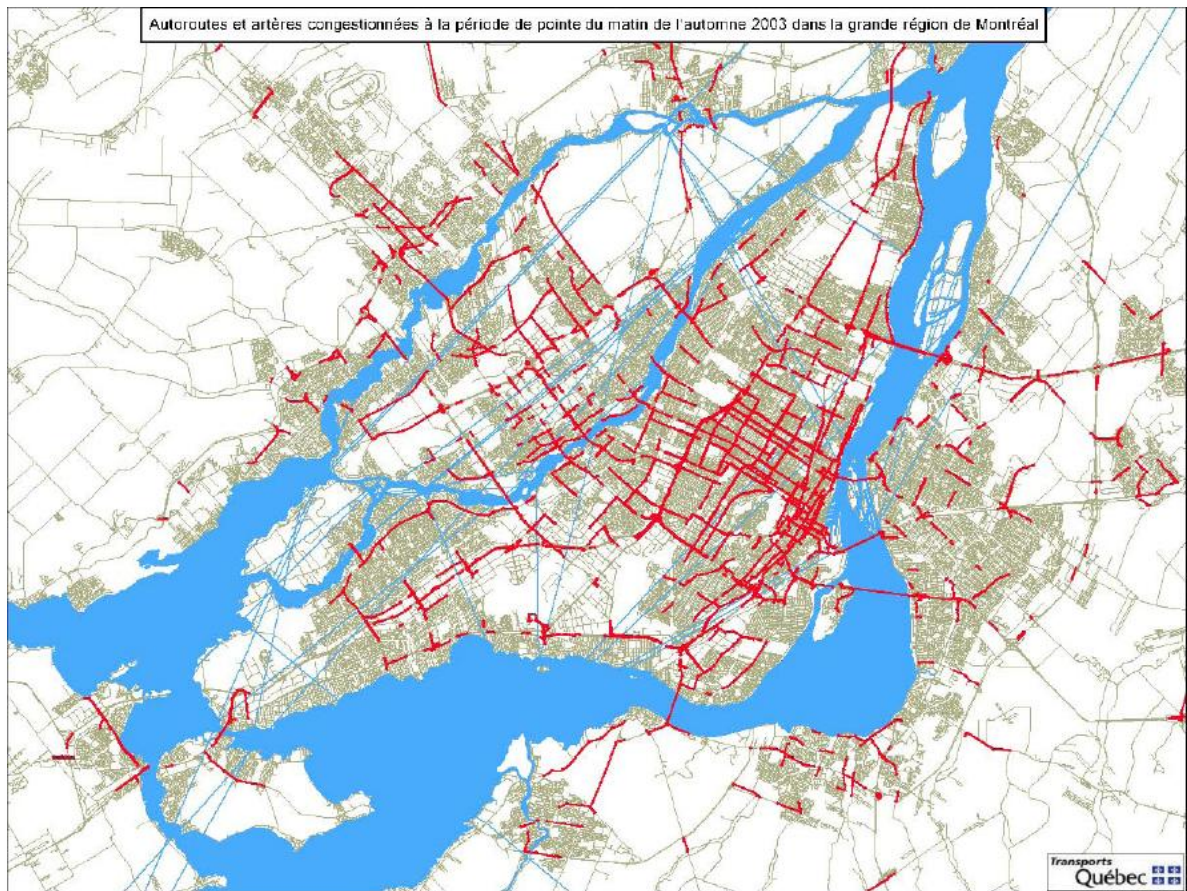
<b>Zones</b>	<b>Emplois</b>	<b>Poids dans la RMR</b>	<b>Densité des emplois (emplois/km<sup>2</sup>)</b>
<b>1 Centre-ville</b>	271 745	16,7 %	46 911
<b>2 Centre de Montréal (incluant le centre-ville)</b>	472 120	29,1 %	27 478
<b>3 Abords des autoroutes Métropolitaine et des Laurentides</b>	50 897	3,1 %	10 675
<b>4 Abords de l'autoroute 40 Ouest</b>	190 040	11,7 %	4 879
<b>5 Abords des autoroutes 25 et 40</b>	49 265	3,0 %	4 597
<b>6 Abords des autoroutes 15 et 440 (Laval)</b>	51 230	3,2 %	4 256
<b>7 Abords de la route 132 et de l'autoroute Jean-Lesage (Longueuil)</b>	52 315	3,2 %	4 044

Source : Ville de Montréal (2005)

Au niveau du transport, la région métropolitaine de Montréal enregistrerait 7,3 millions de déplacements quotidiens en 2003 dont 67,6 % étaient effectués en automobile et 16,4 % en transport collectif (Communauté métropolitaine de Montréal, 2008). Toutefois, malgré l'étendue du territoire, la plupart des zones à concentration urbaine sont desservies par une autoroute ou une route provinciale importante. La population de la région est fortement motorisée comptant 1,84 million de voitures ce qui représente un ratio de 1,23 voiture par logement pour l'année 2003 (Communauté métropolitaine de Montréal, 2008). Une très forte proportion des travailleurs de la région utilisent l'automobile pour se rendre au travail sauf en ce qui a trait aux résidents des villes de Montréal, de Laval et de Longueuil (Communauté métropolitaine de Montréal, 2010).

Néanmoins, malgré un territoire aussi vaste, la congestion routière occasionnait des coûts économiques annuels de l'ordre de 1,4 G\$ dans la région pour l'année 2003 (Les Conseillers ADEC inc., 2009). Les zones fortement congestionnées se situent sur l'île de Montréal dans un quadrilatère formé par le boulevard Pie-IX, la rue Notre-Dame et les autoroutes 40 (Métropolitaine) et 15 (Décarie). De plus, la majorité des voies d'accès menant aux îles de Montréal et de Laval sont congestionnées, mais les principales autoroutes de déviation et de contournement (autoroutes 30, 440 et 640) effectuent très bien leur travail, car elles sont très peu congestionnées.

Figure 3 : Congestion routière durant la période de pointe du matin en 2003



Source : Les Conseillers ADEC inc. (2009)

### 3.2 Organisation et mise en œuvre du péage

L'implantation d'un péage dans la région métropolitaine de Montréal vise à financer l'imposant programme d'investissement contenu dans le *Plan de transport* de la ville de Montréal. L'objectif de ce péage est de permettre d'amasser la somme minimale annuelle de 240 M\$ afin de réaliser cet ambitieux projet. La littérature affirme que l'objectif du péage doit être clairement énoncé à la population avant l'application de la tarification (Association des transports du Canada, 2009).

En effet, Jones (1998) affirme qu'une des raisons principales de la résistance du public envers la tarification routière est que la population imagine être facturée pour des

éléments qu'elle espère obtenir et non pas pour des choses qu'elle espère éviter, telles que la congestion. La congestion est généralement perçue comme un problème d'allocation de l'offre de transport et non pas comme un problème externe généré entre les utilisateurs. Une étude (Ison, 2000) met également en lumière la conclusion selon laquelle le public s'attend à ce que les sommes amassées par le péage servent à financer des options de transport pour la région. Une autre étude de Thorpe, Hills, & Jaensirisak (2000) a démontré que l'amélioration des transports publics était l'option la plus acceptable au niveau de l'augmentation de l'offre de transport et que la tarification de la congestion était la mesure de contrôle la plus admise par la population. Une combinaison de ces deux éléments représente le choix privilégié par une majorité de conducteurs. Une étude du gouvernement britannique (Department of the Environment, Transport, and the Regions, 2000) corrobore également l'idée selon laquelle une amélioration de l'offre de transport public doit être effectuée avant ou au même moment que l'imposition de la tarification routière. Enfin, Jones (1995) soutient que l'acceptation de la population envers les péages augmentera s'il est clairement démontré qu'il n'existe aucune autre possibilité.

À la lumière de ces constats, il semble justifié de mettre l'accent sur la transmission de l'information au public afin que ce dernier soit renseigné sur les objectifs poursuivis par l'implantation de la tarification routière. Le projet montréalais, dans sa structure actuelle, est un péage de financement qui vise à réaliser, dans un premier temps, un programme d'investissement de la ville de Montréal. Le partage des fonds amassés devra préalablement être déterminé afin de satisfaire le nombre important d'intervenants dans la région. De plus, les sommes prélevées devront être destinées à des projets de transport mobilisateurs qui dégageront des solutions de remplacement pertinentes pour les usagers évincés. Enfin, les autorités devront insister et démontrer que le péage est la meilleure option disponible afin de réaliser le programme d'investissement.

### **3.2.1 La zone soumise au péage**

La nature insulaire des deux plus importantes villes de la région métropolitaine semble indiquer que la tarification aux points d'entrée serait la configuration optimale pour

une zone de péage. En effet, cet aménagement minimise le nombre de points de contrôle nécessaires afin d'accéder à la zone tarifée ce qui réduit les dépenses liées à la mise en place et à la gestion du péage. Néanmoins, cette solution se solde par une zone de tarification immense avec une superficie de 503,8 km<sup>2</sup> pour l'île de Montréal uniquement, soit dix fois plus imposante que tous les projets de péage étudiés en Annexe I. De plus, ce territoire affiche des caractéristiques disparates au niveau des infrastructures de transport et englobe la majorité de la population et des emplois de la région ce qui limite l'efficacité de la mesure proposée.

Une autre option pertinente consiste à s'appuyer sur des éléments et des structures érigés sur le territoire afin de ceinturer la zone de tarification. Cette technique vise à limiter le nombre de points de contrôle dans un contexte urbain en calquant le rôle assuré traditionnellement par des éléments naturels. Cette approche repose sur l'utilisation des autoroutes, voies ferrées, zones désaffectées, terrains vacants, parcs ou zones industrielles afin de constituer une frontière artificielle. Une dernière option consiste à définir une zone de péage restreinte en exploitant l'avantage concédé par les voies de circulation à sens unique en milieu urbain dense. Cette configuration permet généralement de tarifier une voie de circulation sur deux en facturant l'entrée ou la sortie de la zone de péage. La combinaison de ces différentes options se solde par la constitution de deux scénarios potentiels d'application d'une zone de péage dans le centre de l'agglomération montréalaise<sup>6</sup>.

### **Zone de péage – Scénario 1**

Le tracé de la première zone de péage affiche une forme particulièrement complexe qui comprend plusieurs voies routières agissant à titre de frontières artificielles. L'avenue Papineau constitue la première frontière EST de la zone entre les rues Notre-Dame Est et Sherbrooke Est. Par la suite, le périmètre se dirige vers l'ouest en longeant le sud du parc La Fontaine au niveau de la rue Sherbrooke Est et vers le nord en longeant l'avenue du Parc La Fontaine. La poursuite de cette avenue vers le nord et la transformation de cette dernière

---

<sup>6</sup> La liste détaillée des points de passage est présentée en Annexe II.

en l'avenue Christophe-Colomb forme la deuxième frontière EST. La limite NORD correspond à l'avenue du Mont-Royal jusqu'à l'avenue du Parc. Le Mont-Royal forme la deuxième frontière NORD de la zone et est matérialisée par l'avenue des Pins Ouest jusqu'au croisement avec le chemin de la Côte-des-Neiges. La frontière OUEST correspond ensuite à ce dernier et de sa conversion en la rue Guy. Enfin, la frontière SUD correspond au canal Lachine et au fleuve Saint-Laurent. (Voir Figure 4, page 25)

### **Zone de péage – Scénario 2**

La deuxième zone de péage est constituée en utilisant les voies ferrées provenant du Port de Montréal qui bifurquent vers le nord à la hauteur de la rue d'Iberville. La poursuite de ces rails vers le nord jusqu'à la hauteur de la rue Masson délimite la frontière EST de la zone. Le prolongement de ces voies ferrées vers l'ouest en longeant le boulevard Rosemont, l'avenue Van Horne et la rue Jean-Talon Ouest jusqu'à l'autoroute 15 (Décarie) forme la frontière NORD. Ensuite, la limite OUEST est générée grâce au boulevard Décarie jusqu'à ce qu'il atteigne l'échangeur Décarie. Enfin, la frontière SUD est encore une fois constituée du canal Lachine et du fleuve Saint-Laurent. (Voir Figure 5, page 26)

Les autoroutes 720 (Ville-Marie) et 10 (Bonaventure) qui traversent les deux zones ne sont pas soumises au péage malgré que les sorties dans les zones de péage y soient assujetties. De plus, l'autoroute 15 (Décarie) est exclue de la seconde zone de péage. Ces deux zones distinctes de péage seront analysées dans la partie 5 - Analyse avantages-coûts afin de déterminer la zone optimale, c'est-à-dire la configuration territoriale qui admet la valeur actuelle nette (VAN) la plus élevée.



Figure 4 : Zone de péage – Scénario 1



Figure 5 : Zone de péage – Scénario 2



### 3.2.2 L'autorité responsable du péage

Le plus important défi lié à l'implantation d'un péage dans la région métropolitaine de Montréal est de définir l'autorité responsable de l'administration de ce système. Les expériences internationales tendent à démontrer qu'un nombre restreint d'acteurs favorise une collaboration et une gestion plus efficace de la situation. De plus, un consensus



politique évident doit être atteint afin de convaincre l'opinion publique que l'implantation de la tarification routière apportera des bénéfices tangibles à la société.

Considérant ces points, la première étape consiste à assurer à la population que les sommes amassées seront acheminées à un fonds dédié aux transports dont l'objectif sera de développer et de maintenir l'offre de transport routier et collectif. De plus, il apparaît primordial de définir préalablement les objectifs et les échéanciers liés à la collecte des fonds afin que le péage soit conditionnel à l'amélioration de la situation présente. La communication de ces objectifs est essentielle à l'adhésion de la population au projet de péage. Ce rôle mobilisateur appartient à la CMM qui devra s'assurer que les sommes amassées par le péage soient destinées au financement de projets de transport structurants pour les localités ciblées.

La deuxième étape consiste à définir l'autorité responsable du péage. Les expériences internationales dégagent un consensus évident à cette question en démontrant que l'adhésion de la population est plus aisée dans les situations où la gestion est dévolue à des administrations publiques locales. À cet égard, l'expérience norvégienne est éloquent dans la mesure où elle apporte la confirmation qu'il est possible d'intégrer les différents paliers gouvernementaux vers un objectif commun. La situation montréalaise laisse présager que ce rôle pourrait être tenu par l'*Agence métropolitaine de transport* (AMT) qui relève du *Ministère des Transports du Québec* (MTQ) et qui coordonne la gestion des transports de la région.

La troisième et dernière étape vise à établir l'autorité responsable du péage. Une étude récente (de Palma, Lindsey, & Wu, 2008) démontre que le surplus économique social est maximisé lorsque le péage est administré par une firme publique comparativement à une firme privée dans le cas d'un péage de cordon. Toutefois, les expériences internationales ne dégagent pas de consensus évident sur cet aspect. La solution retenue consiste alors à lancer un appel d'offres international sur la gestion du péage. Cette solution a le mérite de faire appel à une saine concurrence entre les firmes publiques et privées tout en permettant aux autorités de définir des objectifs de productivité et de gains sociaux.

### 3.2.3 Acceptation populaire et enjeux politiques

Un des principaux écueils rencontrés par les dirigeants de projets de péage avortés est la résistance de la population à déboursier des sommes pour des biens publics auparavant gratuits (AECOM Consult inc., 2006). En effet, la société attribue généralement un coût d'accès nul aux routes et s'oppose avec véhémence à la perte d'un tel acquis. Une revue attentive de la littérature et des expériences internationales permet de dresser différents constats essentiels à l'adhésion de la population au concept de tarification routière.

Tout d'abord, la population doit assimiler la conclusion selon laquelle elle n'est pas une victime de la congestion, mais plutôt sa cause (Eliasson & Lundberg, 2002). De plus, elle doit être en mesure de saisir les bénéfices générés par l'implantation du péage afin de concevoir son caractère équitable (AECOM Consult inc., 2006). En effet, une perception faussement véhiculée tend à associer des avantages seulement aux citoyens les mieux nantis en omettant de considérer qu'un des objectifs du péage consiste à améliorer le bien-être de l'ensemble de la société en réduisant la perte économique engendrée par une situation sous-optimale (Eliasson & Lundberg, 2002). La transmission de renseignements transparents et crédibles sur les raisons ayant mené à l'implantation du péage et l'objectif convoité par sa réalisation est également essentielle au ralliement de la collectivité (Odeck & Bråthen, 2002). Enfin, l'information concernant l'allocation des sommes amassées par le péage doit être véhiculée consciencieusement afin d'éviter toute ambiguïté (Association des transports du Canada, 2009). Ce constat est d'autant plus pertinent dans le cadre des péages de financement.

Une étude réalisée pour le compte de l'*U.S. Department of Transportation* (AECOM Consult inc., 2006) dresse une liste de stratégies à adopter afin de minimiser l'opposition au concept des péages :

1. Déterminer les problèmes routiers que le péage vise à surmonter afin de souligner les raisons justifiant son implantation.
2. Identifier comment le péage corrigera ces lacunes et détailler les conséquences liées à l'inaction.

3. Inclure la tarification routière en tant que composante d'un programme plus vaste d'amélioration et de correction des irritants routiers.
4. Analyser les avantages et les coûts associés à la tarification routière comparativement au statu quo.
5. Procéder à la réalisation d'un programme de communication et de rétroaction continue avec le public.
6. Utiliser cette rétroaction du public et des entreprises afin d'anticiper et de mesurer les principaux défis que devra surmonter le projet durant sa phase d'élaboration.
7. Démontrer les actions qui seront entreprises afin de minimiser les inquiétudes liées à l'équité et à la protection de la vie privée.

Toutefois, malgré l'accomplissement de cette série de mesures, il peut parfois s'avérer impossible de conquérir une foule antipathique à la cause du péage. L'expérience suédoise est éloquente à ce sujet alors que la mise en œuvre d'un projet-pilote efficace n'a pas été suffisante afin de rallier une majorité claire de la population de la région. En effet, en compilant les résultats globaux exprimés lors des 15 référendums tenus afin de statuer sur l'implantation permanente du projet, 46,6 % de la population s'est exprimée en faveur alors que 51,5 % s'y est opposée (Stockholmsförsöket, 2006).

Néanmoins, la situation semble considérablement différente de ce côté-ci de l'Atlantique. Ainsi, les sondages exécutés dans la foulée du dévoilement du *Plan de transport* de la ville de Montréal en 2007 ont révélé une adhésion exceptionnellement favorable de la part des Québécois au concept de la tarification routière (Bisson, 2007), (Léger Marketing, 2007). De plus, la population favorise l'implantation de la tarification routière au détriment de toute autre mesure de financement pour le secteur des transports. Ce constat confirme que l'implantation d'un péage urbain est une avenue pertinente dans le contexte montréalais<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> L'adhésion de la classe politique autour d'une cause commune représente toutefois un défi de taille. Le nombre élevé d'acteurs locaux et le partage des sommes amassées promettent d'âpres négociations.

### 3.2.4 Niveaux et modulation des tarifs

Les péages de financement visent des objectifs différents de ceux rencontrés par les péages de décongestion ou environnementaux. Cette distinction n'accorde aucune justification quant à la modulation des tarifs selon les périodes de la journée, car le but recherché est de financer des infrastructures de transport profitant à l'ensemble de la collectivité plutôt que de combattre la congestion ou la pollution. Cet objectif confère une rigidité quant à la possibilité de se soustraire de l'obligation de participer au financement du programme d'investissement. Ainsi, ces constats alimentent la décision d'imposer un péage fixe et applicable en tout temps sur le réseau métropolitain. Néanmoins, une segmentation du marché entre les véhicules de promenade et les camions lourds est pertinente afin de prendre en considération les externalités supplémentaires infligées par ces derniers. La proportion retenue dans le cadre de cette étude est calquée sur la position du péage de financement d'Oslo qui applique un facteur de 3:1 aux utilisateurs de véhicules de plus de 3 500 kg.

De plus, cette étude propose d'accorder des exemptions complètes ou partielles à un certain nombre de véhicules et d'individus. En effet, une exemption totale est accordée aux autobus et aux taxis afin de favoriser et de soutenir le développement du transport collectif. Une autre exemption complète est suggérée et vise les motocyclistes, les véhicules d'urgence et les véhicules appartenant à des propriétaires étrangers dans le but de faciliter l'administration, le recouvrement des fonds, le contrôle et la sécurité de la zone de perception. Enfin, une exemption partielle est évoquée et cible les résidents des zones de péage.

Le niveau optimal de la tarification routière est par contre une donnée sensiblement plus difficile à évaluer qui nécessite de procéder par simulation. En outre, la tarification optimale doit répondre aux deux principes économiques suivants (Hau, 1992) :

1. La tarification doit correspondre aux dommages causés par la présence d'un automobiliste sur l'infrastructure routière, mais également aux dommages que cette présence occasionne aux autres utilisateurs;

2. La tarification ne doit pas restreindre l'accès à l'infrastructure à un niveau sous-optimal, représenté par le volume en écoulement libre.

Ainsi, la tarification optimale est établie afin de couvrir les coûts économiques et de maintenir un volume de déplacement près de la capacité maximale de chaque infrastructure. Cette démarche est appropriée dans le cadre des projets de péage d'infrastructure, mais elle se bute toutefois à trois écueils fondamentaux en ce qui concerne les péages urbains. Premièrement, la capacité maximale de chacun des points de contrôle est généralement variable. Deuxièmement, une simulation de tous les déplacements doit être réalisée afin de déterminer l'itinéraire optimal et l'emplacement des points de contrôle empruntés à l'état stationnaire. Troisièmement, la tarification optimale implique une discrimination des prix selon les périodes de la journée et les points de contrôle. Ces conclusions admettent indirectement qu'il est impossible de statuer sur le caractère optimal de la tarification retenue dans le cadre de cette étude.

Les expériences internationales renseignent sur les différentes approches envisageables afin de pallier ce problème. Les villes de Londres et d'Oslo se sont basées sur des critères purement politiques afin de déterminer la tarification souhaitable. La décision de la ville de Stockholm s'appuie plutôt sur une combinaison mixte en utilisant l'efficacité économique accordée par la modulation des tarifs et sur une échelle de prix arbitraires désignée d'un point de vue politique. Enfin, la tarification complexe de la ville de Singapour repose exclusivement sur une analyse économique rigoureuse de la situation.

Le montant du péage retenu dans le cadre de cette analyse est fixé à un seuil symbolique de 4,00 \$ par entrée dans la zone tarifaire. La sortie de la zone n'est pas soumise à un péage afin de minimiser l'investissement initial et les coûts d'exploitation. Cette décision se transpose implicitement par un coût de 2,00 \$ par entrée/sortie de la zone tarifaire sous l'hypothèse que les déplacements comprennent une portion aller-retour. Ce choix délibéré s'arrime sur les coûts d'un passage unique en transport en commun dans les villes de Montréal (1,58 \$), de Laval (2,25 \$) et de Longueuil (2,06 \$) acquitté grâce à un

billet<sup>8</sup>. La sélection de ce montant vise à transmettre une image puissante aux automobilistes afin de leur permettre de transposer le prix du péage au prix déboursé par un utilisateur du transport collectif effectuant le même trajet<sup>9</sup>. Une réduction forfaitaire d'un montant de 2,00 \$ par entrée est accordée aux résidants de la zone. Cette somme représente la réduction tarifaire octroyée aux bénéficiaires du tarif réduit du transport collectif<sup>10</sup>. Enfin, le tarif imposé aux camions lourds s'élève à 12,00 \$ par entrée et représente la prime de 3:1 évoquée précédemment.

### 3.2.5 La technologie de perception utilisée

La technologie optimale de perception pour un péage urbain doit minimiser les coûts d'exploitation et assurer un haut niveau de précision dans le traitement des passages. La technologie la plus adéquate à l'heure actuelle est celle décrite en Annexe I et présente dans la ville de Stockholm. Cette technologie novatrice utilise uniquement un système de lecture automatique des plaques d'immatriculation (LAPI) évitant aux usagers de faire l'acquisition d'un coûteux système de transpondeur. Le climat nordique de la région suédoise permet également d'envisager que ce système soit adapté à la situation prévalant dans la région montréalaise. Enfin, le taux excessivement réduit de capture illisible et le faible niveau d'interactions humaines nécessaires à l'administration de ce système justifient de s'intéresser plus particulièrement à cette technologie de pointe.

La nature peu intrusive du système permet de limiter les dépenses liées à la construction d'imposantes arches de perception en milieu urbain. De plus, les caractéristiques de ce système offrent l'occasion de doter le péage métropolitain d'une signature visuelle unique contrastant avec les traditionnelles cabines de péage des autoroutes perçues négativement par la population.

---

<sup>8</sup> Ces montants correspondent à la tarification en vigueur au début de l'année 2003 (en dollars de 2003).

Source : RTL (2010), STM (2003)

<sup>9</sup> Cette politique tarifaire pourrait s'étendre à l'application de forfaits mensuels arrimés au prix de la carte mensuelle de transport en commun.

<sup>10</sup> Une réduction similaire pourrait être octroyée aux véhicules hybrides, électriques ou à faible consommation.

Les modalités de paiement ne seront pas détaillées dans cette étude, mais elles devront inclure une option automatisée par autorisation bancaire ou par carte de crédit et permettre la gestion des informations personnelles grâce à un site Internet convivial. L'avantage de ces deux options est de limiter le nombre d'interactions humaines et d'automatiser une grande proportion des passages quotidiens. Ces propositions sont justifiées par la simplicité de la grille tarifaire et par le fonctionnement aisé du système pour les utilisateurs. À l'inverse, la complexité de certains péages nécessite de faire appel à différents points de vente augmentant substantiellement les coûts d'exploitation de ces projets. À titre d'exemple, une redevance est versée pour chacune des transactions effectuées aux stations-service et dépanneurs *7-Eleven* et *Pressbyrån* de la ville de Stockholm. Cette option de paiement se traduit alors par les coûts d'administration les plus élevés de toutes les modalités offertes pour l'acquittement du péage (Transek AB, 2006, p. 77). Toutefois, cet obstacle est compensé par une utilisation massive des modes automatisés par les Suédois. En effet, selon Eliasson (2008), 80 % des transactions étaient acquittées grâce à cette méthode en octobre 2008. Un exemple à suivre pour le péage londonien où une grande proportion des paiements nécessitaient encore une intervention humaine (Transport for London, 2004, p. 30).

Les sections précédentes ont dévoilé les bases d'un hypothétique projet de péage urbain dans la région montréalaise. La prochaine partie expose la source des données et la méthodologie nécessaire à l'analyse de la rentabilité économique de ces deux scénarios de perception.

## **4 - Méthodologie**

### **4.1 Le taux d'actualisation et l'horizon temporel**

L'horizon temporel du projet est échelonné sur une période de 11 années, consistant en une année de préparation avant de pouvoir démarrer le projet et de la durée de vie de ce dernier estimée à dix années. Ce chiffre est basé sur la durée de vie moyenne du matériel, des infrastructures et de la technologie de perception utilisée dans les projets de péage (U.S. Department of Transportation, 2010). L'année de référence de l'étude est 2003 afin de coïncider avec les données sur l'achalandage offertes pour la région métropolitaine et se termine incidemment en 2014.

Le taux d'actualisation dans une analyse économique est utilisé afin de manipuler des valeurs monétaires en dollars constants. Ce taux symbolise le coût d'opportunité des fonds publics qui diffère généralement du taux d'emprunt gouvernemental. Il s'agit plutôt d'un taux de substitution intertemporel entre le présent et le futur et sa valeur affecte grandement les résultats lors du calcul de la valeur actuelle nette. À titre d'exemple, un taux d'actualisation élevé favorise des projets dont les bénéfices sont réalisés à court terme. Dans le cadre de cette analyse, le taux d'actualisation recommandé est le taux présentement en vigueur qui se chiffre à 8 % (Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada, 2007, p. 41). Néanmoins, une vérification est réalisée dans la partie 7 - Analyses de sensibilité avec des taux de 6 %, 8 % et 10 % afin de déterminer si une variation du taux influence substantiellement les conclusions de l'étude.

### **4.2 L'achalandage**

Les données sur l'achalandage du réseau routier dans la région montréalaise sont compilées par l'Agence *métropolitaine de transport* dans le cadre de l'enquête *Origine-Destination*, effectuée tous les cinq ans à l'automne. Cette enquête estime la mobilité de la population durant une période de 24 heures grâce à un échantillon d'environ 5 % des ménages. Les résultats de cette étude sont exprimés sous la forme d'une immense base de



données où chacune des entrées correspond à un déplacement entre une origine et une destination pour un individu sondé et inclut une multitude de caractéristiques socio-économiques. La dernière étude fut entreprise en 2008, mais les données de cette édition ne sont malheureusement pas encore accessibles<sup>11</sup>. Les données de l'enquête précédente, réalisée en 2003, seront donc utilisées dans le cadre de ce rapport.

La zone d'analyse de l'*enquête Origine-Destination* de 2003 comprend tout le territoire couvert par la *Communauté métropolitaine de Montréal*, mais elle y ajoute un certain nombre de municipalités limitrophes afin de porter la couverture totale à 88 municipalités et à une superficie d'environ 5 500 km<sup>2</sup>. Le nombre total de déplacements enregistrés s'élève à 301 645 et correspond à l'analyse de la mobilité de 56 965 ménages totalisant 137 042 individus (Secrétariat à l'enquête Origine-Destination, 2003). De plus, le *Ministère des Transports du Québec* fournit des données additionnelles concernant les déplacements réalisés grâce à des véhicules lourds afin de tracer un portrait global de la situation des transports dans la région métropolitaine. Toutefois, ce rapport n'exploite pas directement ces données, mais se concentre uniquement sur les déplacements de véhicules de promenade. Cette omission volontaire devra être prise en considération lors de l'interprétation des résultats.

La croissance de l'achalandage prévue durant la période couverte par l'étude fut estimée dans un document publié par le *Ministère des Transports du Québec* (Service de la modélisation des systèmes de transport, 2007). Selon cette analyse, la croissance appréhendée des déplacements entre 2003 et 2016 se fera à un rythme non linéaire de plus en plus lent en réponse aux changements démographiques anticipés.

---

<sup>11</sup> Les résultats préliminaires de l'enquête furent dévoilés à l'hiver 2010 mais les résultats complets ne seront accessibles qu'à l'automne 2010.

Tableau 2 : Déplacements tous modes, tous motifs selon la période, 2003-2011

Horizon	Pointe AM	Jour	Pointe PM	Soir/Nuit	24 h	Δ annuelle
2003	2 037 900	2 500 700	2 303 600	1 485 200	8 327 400	
2006	2 076 500	2 563 800	2 356 600	1 522 100	8 519 000	<b>0,77 %</b>
2011	2 123 500	2 662 600	2 429 700	1 574 700	8 790 500	<b>0,64 %</b>
2016	2 145 300	2 775 400	2 477 600	1 603 900	9 002 200	<b>0,48 %</b>
<b>2003-2016</b>	<b>107 400</b>	<b>274 700</b>	<b>174 000</b>	<b>118 700</b>	<b>674 800</b>	<b>0,62 %</b>
<b>Δ période</b>	<b>5,27 %</b>	<b>10,98 %</b>	<b>7,55 %</b>	<b>7,99 %</b>	<b>8,10 %</b>	

Source : Service de la modélisation des systèmes de transport (2007, p. 23)

Ce ralentissement est principalement attribuable à la croissance relativement faible du nombre de travailleurs actifs et à l’afflux de retraités dans la société québécoise. Une hypothèse formulée par rapport à ce constat est qu’une proportion importante de l’augmentation des déplacements se fera à l’extérieur des périodes de pointe suite à la flexibilité horaire dont bénéficie généralement ce groupe. Le MTQ a également produit des estimations beaucoup plus détaillées sous la forme de matrices de déplacements pour les horizons 2006, 2011 et 2016. Ces prévisions sont obtenues grâce à la projection des résultats des *enquêtes Origine-Destination*, d’hypothèses quant à l’évolution de la démographie et de l’analyse tendancielle des facteurs déterminants la demande de transport (Ministère des Transport du Québec, 2007).

Toutefois, la couverture de ces matrices se limite à la période de pointe du matin ce qui contraint l’utilisation d’une technique alternative afin de moduler la croissance de l’achalandage dans le cadre de cette étude. La méthode retenue consiste à formuler une hypothèse d’homogénéité de la croissance de l’achalandage pour l’ensemble du territoire. Sous cette hypothèse, les données du Tableau 2 pourront être utilisées afin d’estimer l’augmentation de la demande de transport pour les différentes périodes de la journée. Cette hypothèse sera soumise à une analyse de sensibilité afin de déterminer si cette proposition affecte significativement les résultats de l’analyse.

### 4.3 La congestion routière

La congestion routière peut être décomposée selon deux types distincts. Le premier type de congestion correspond à une demande de transport excédant la capacité du réseau routier ce qui occasionne une congestion récurrente. Ce type d'inadéquation survient lors des périodes de pointe du matin et du soir et cette étude pose l'hypothèse qu'il n'existe aucune congestion récurrente à l'extérieur de ces plages horaires. Le deuxième type de congestion correspond au retard causé par sept types distincts d'événements (Schrack & Lomax, 2009) qui ne sont pas comptabilisés dans la congestion récurrente.

- Les accidents
- Les zones de travaux routiers
- Les conditions météorologiques
- La fluctuation ponctuelle de la demande de transport
- Les événements spéciaux (p. ex. festivals, événements sportifs et culturels)
- L'utilisation de dispositif de contrôle de la circulation
- Une capacité de base (structurelle) inadéquate

Ce type de congestion est dénommée congestion incidente et se produit de manière ponctuelle sur le réseau routier, indépendamment de la période de la journée.

L'évaluation de la congestion routière récurrente dans la région montréalaise est effectuée par Les Conseillers ADEC inc. (2009) pour le compte du MTQ lors de la divulgation des résultats de l'*enquête Origine-Destination*. La dernière étude a dévoilé qu'entre les années 1998 et 2003, le nombre de véhicules durant la période de pointe matinale a augmenté de 8 % alors que le temps additionnel de déplacement a explosé de 35 % (4,3 à 5,8 minutes de retard). Ce constat traduit une situation où une augmentation de 1 % du nombre de véhicules impose une croissance de 4,36 % du temps additionnel de déplacement des automobilistes. Naturellement, une analyse plus méticuleuse permettrait de définir les tronçons les plus affligés par cette augmentation en considérant le débit maximal et le volume de véhicules sur ces derniers. Néanmoins, une hypothèse simplificatrice sera utilisée et consiste à imposer une augmentation uniforme du temps de congestion pour tous les tronçons.

L'information ayant trait aux camions lourds et aux autobus provient de données fournies par le MTQ. L'hypothèse formulée dans le cadre de cette étude est de considérer une élasticité nulle par rapport au péage, signifiant qu'aucun trajet ne sera annulé ou modifié à la suite de l'implantation du péage. Cette hypothèse est forte, mais crédible pour les véhicules lourds dans la mesure où la destination de ces trajets ne devrait pas fluctuer à court terme en réponse au péage, car elle impliquerait une délocalisation des commerces ou des industries. En ce qui a trait aux autobus, la tarification formulée précédemment accorde une exemption du droit de passage pour ces véhicules, justifiant une absence de conséquence à la suite de l'imposition du péage. Selon l'évaluation des coûts de la congestion (Les Conseillers ADEC inc., 2009), les coûts en terme de perte de temps et d'efficacité pour les véhicules lourds sont estimés à 66 M\$ annuellement alors que cette valeur en terme de perte de temps pour le conducteur et les passagers est plutôt évaluée à 78 M\$ pour les autobus. Ces valeurs témoignent du caractère marginal de ces deux composantes dans l'évaluation globale de la congestion, ne représentant qu'environ 10 % de l'ensemble des coûts. Ce constat sanctionne la décision d'exclure volontairement de l'analyse ces deux éléments.

La congestion incidente n'est pas directement mesurée dans le cadre de l'étude sur l'évaluation des coûts de la congestion routière dans la région montréalaise. Toutefois, l'*Urban Mobility Report* du *Texas Transport Institute* (Schrack & Lomax, 2009) estime que ce type de congestion correspond à une proportion de la congestion récurrente et mesure un ratio pour les routes locales et les autoroutes de différentes villes américaines. Cette valeur prend en considération les retards causés par les accidents, les fluctuations ponctuelles de la demande de transport et les capacités structurelles inadéquates du réseau routier. Ce ratio est identique pour toutes les villes américaines en ce qui a trait aux routes locales et correspond à 110 % de la congestion récurrente. Toutefois, le ratio pour les autoroutes fluctue grandement selon les localités, car il prend en considération la configuration du réseau autoroutier et les caractéristiques et la fréquence des accidents. Ce ratio varie de 0,7 pour la région de Los Angeles à 2,5 pour les localités les plus durement affectées. Ce ratio n'étant pas mesuré pour la région montréalaise, l'hypothèse retenue dans cette étude est

d'utiliser la moyenne obtenue par des régions américaines de taille similaire à Montréal. Le Tableau 3 illustre une comparaison des différents taux de congestion incidente pour les quatorze villes les plus analogues à Montréal en termes de population, de densité et de coût de la congestion. La moyenne de ces différentes villes permet d'extrapoler un ratio de congestion incidente estimé à 1,3 pour les autoroutes et de 1,1 pour les routes locales de la région montréalaise. Enfin, l'information contenue dans l'étude sur les coûts de la congestion (Les Conseillers ADEC inc., 2009) affiche une congestion récurrente de 52,5 % en provenance des autoroutes contre 47,5 % en provenance des routes locales.

Tableau 3 : Comparaison du ratio de congestion incidente pour différentes villes

Ville	Population (2001)		Densité population (2001)		Coût de la congestion (2003)		Ratio CI
Houston, TX	4,9 M	1	209,5	8	1,8 G \$ US	4	0,9
Detroit, MI	4,5 M	2	441,2	4	2,1 G \$ US	2	1,2
Boston, MA	4,4 M	3	487,6	3	1,5 G \$ US	5	1,6
Atlanta, GA	4,4 M	4	204,1	9	2,3 G \$ US	1	1,2
San Francisco, CA	4,2 M	5	652,2	2	2,0 G \$ US	3	0,9
Phoenix, AZ	3,4 M	6	89,6	14	1,2 G \$ US	8	0,9
Riverside-San Bernardino, CA	3,4 M	7	47,9	15	0,7 G \$ US	13	0,9
Seattle, WA	3,1 M	9	202,7	10	1,2 G \$ US	9	1,2
Minneapolis-St.Paul, MN	3,0 M	10	192,5	11	0,9 G \$ US	11	1,4
San Diego, CA	2,9 M	11	263,2	7	1,4 G \$ US	6	0,9
St.Louis, MO	2,7 M	12	121,4	13	0,6 G \$ US	14	1,2
Baltimore, MD	2,6 M	13	381,7	5	1,0 G \$ US	10	1,3
Tampa-St.Petersburg, FL	2,4 M	14	369,4	6	0,9 G \$ US	12	1,5
Pittsburgh, PA	2,4 M	15	177,0	12	0,3 G \$ US	15	2,5
<b>Montréal, QC</b>	<b>3,4 M</b>	<b>8</b>	<b>874,9</b>	<b>1</b>	<b>1,4 G \$ US</b>	<b>7</b>	<b>1,3</b>

Source : Texas Transport Institute (2009), Observatoire Grand Montréal (2010)

## 4.4 La valeur du temps de déplacement

Une des composantes fondamentales d'une analyse économique dans le domaine des transports est la valeur accordée au temps de déplacement des individus. La littérature scientifique distribue généralement les valeurs de temps entre quatre motifs de déplacement (Ferland, 2007) afin d'estimer avec la plus grande acuité les coûts de déplacement. Les données colligées grâce à l'*enquête Origine-Destination* de 2003 font plutôt état de douze différents motifs de déplacements<sup>12</sup> qui seront agrégés dans les quatre catégories usuelles suivantes : **affaire**, **navettage**, **étude** et tous les **autres** motifs.

### 4.4.1 Les motifs de déplacement

Le motif **affaires** renvoie aux déplacements effectués dans l'exercice de ses fonctions de travail. Les catégories associées à l'*enquête Origine-Destination* correspondent aux motifs **rendez-vous d'affaires** et **sur la route**. La méthode suggérée par le *Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport* (Ferland, 2007) est effectuée en additionnant le salaire brut de l'employé et les contributions de l'employeur aux différents programmes sociaux. Cette méthode est instaurée afin de prendre en compte la valeur de la productivité marginale du travailleur du point de vue de l'employeur.

Le motif **navettage** renvoie aux déplacements réalisés entre le domicile et le lieu de travail d'un employé. L'*enquête Origine-Destination* dispose des catégories **travail** et **retour au domicile** afin de quantifier les déplacements de cette nature. La méthode employée afin de déterminer la valeur de temps appropriée consiste à calculer la moyenne entre les valeurs de temps des motifs **affaires** et **autre**. La justification de cette méthodologie réside dans l'hypothèse que ce déplacement prive l'individu de jouir de temps de travail ou de loisir.

---

<sup>12</sup> L'*enquête Origine-Destination* comprend un motif dénommé **retour au domicile** qui ne renseigne aucunement sur l'activité précédant le retour au domicile. La solution retenue consiste à appliquer le motif du déplacement antérieur au retour au domicile ce qui pourrait occasionner certaines inexactitudes. L'Annexe III détaille toutes les modifications et ajouts apportés aux données de l'enquête.

Le motif **étude** renvoie aux déplacements exécutés entre le domicile et l'établissement d'enseignement. Les catégories associées à ce type de déplacement sont représentées par les motifs **étude** et **retour au domicile** de l'*enquête Origine-Destination*. L'étude de Ferland (2007) établit la valeur du temps de ce motif à 25 % de la valeur du motif **affaires**.

Le motif **autre** renvoie aux déplacements ne pouvant être catégorisés dans les motifs précédents et englobe généralement des utilisations dans le cadre des loisirs ou du magasinage. Cette catégorie réunit les motifs suivants de l'*enquête Origine-Destination* : **magasinage, loisir, visite d'ami(e)s/parenté, santé, reconduire quelqu'un, chercher quelqu'un, retour au domicile**<sup>13</sup> et **autre**. La valeur de temps correspondant à cette catégorie de déplacement est déterminée par le coût d'opportunité d'une unité de temps consacrée au magasinage ou au loisir. Le calcul de cette valeur est réalisé en prenant le revenu net d'impôt et exempt de taxes.

#### 4.4.2 Annualisation des données

Les données compilées par l'*enquête Origine-Destination* sont normalisées dans le but d'illustrer une journée ouvrable typique d'automne (Secrétariat à l'enquête Origine-Destination, 2003). Cette période est sélectionnée, car elle coïncide avec l'activité maximale enregistrée sur le réseau routier. Le processus d'annualisation exige donc d'ajuster ces données par un facteur correspondant au nombre moyen de jours consacrés à la réalisation de chacun des motifs de déplacement annuellement.

Une année typique est caractérisée par environ 250 jours ouvrables au Québec. Cette valeur est attribuée aux motifs affaires et navettage qui sont directement reliés à des déplacements de nature professionnelle. En outre, on recense un minimum de 180 jours d'enseignement au niveau primaire et secondaire (Association canadienne d'éducation, 2003). Malheureusement, le calendrier scolaire au niveau collégial et universitaire n'est pas imposé par le *Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport du Québec*, mais se compose

---

<sup>13</sup> Les déplacements identifiés comme **retour au domicile** qui ne sont pas précédés par les motifs **travail** ou **étude** sont assimilés dans la catégorie **autre**.

généralement de trois sessions de quinze semaines de cours. Cette configuration atypique selon les programmes et les établissements d'enseignement justifie d'utiliser ce facteur d'équivalence qui constitue également une approximation appropriée de la présence en classe d'un étudiant postsecondaire à temps plein.

Enfin, l'approximation du nombre de jours liés au motif autre est fondamentalement plus difficile à évaluer, car il englobe tous les trajets résiduels. Ces trajets sont réalisés indépendamment du jour de la semaine ou de la période de l'année. L'hypothèse retenue dans le cadre de cette étude est de compenser ces déplacements par un facteur d'équivalence de 365 jours.

#### **4.4.3 Le revenu des individus**

La détermination de la valeur du temps des différents motifs exige de définir le revenu des individus. Néanmoins, l'enquête *Origine-Destination* compile les revenus des ménages et ne renseigne aucunement sur cette donnée au niveau individuel. Cette lacune peut être corrigée grâce aux résultats du recensement de 2001 colligés par *Statistique Canada* (Statistique Canada, 2001) et actualisés en dollars de 2003<sup>14</sup>. En effet, en combinant l'information contenue dans ces deux sources, il est possible d'octroyer un revenu à chacun des individus en fonction de son sexe et de son domicile<sup>15</sup>. Ensuite, une segmentation des revenus en six classes annuelles moyennes est réalisée afin de définir le salaire horaire brut et net de l'employé.

---

<sup>14</sup> L'inflation moyenne entre 2000 et 2003 était de 8,36 %. Source : Banque du Canada (2010)

<sup>15</sup> Un troisième niveau de discrimination pourrait être obtenu en incorporant l'âge des individus en contrepartie d'un temps de traitement substantiel.



Tableau 4 : Classes de revenus annuels moyens

<b>Classes de revenu</b>
Moins de 20 000 \$
20 000 \$ - 24 999 \$
25 000 \$ - 29 999 \$
30 000 \$ - 34 999 \$
35 000 \$ - 39 999 \$
40 000 \$ et plus

Tableau 5 : Salaires horaires bruts selon les six classes de revenu moyen

<b>Revenu moyen</b>	<b>Contributions de l'employeur <sup>A</sup></b>	<b>Salaire brut</b>	<b>Nb heures travaillées</b>	<b>Salaire horaire brut</b>
10 635 \$	1 279 \$	11 915 \$	1 665	<b>7,16 \$</b>
23 929 \$	3 095 \$	27 025 \$	1 665	<b>16,23 \$</b>
29 247 \$	3 820 \$	33 069 \$	1 665	<b>19,86 \$</b>
34 564 \$	4 549 \$	39 113 \$	1 665	<b>23,49 \$</b>
39 350 \$	5 155 \$	44 506 \$	1 665	<b>26,73 \$</b>
62 748 \$	6 705 \$	69 453 \$	1 665	<b>41,71 \$</b>

**A :** Contributions de l'employeur au *Régime des rentes du Québec*, au *Fonds des services de santé*, à la *Commission des normes du travail*, au *Fonds de développement et de reconnaissance des compétences de la main-d'œuvre*, à la *Commission de la santé et de la sécurité du travail* et à l'*Assurance-emploi*.

Source : Les Conseillers ADEC inc. (2009, p. 28)

Tableau 6 : Salaires horaires nets selon les six classes de revenu moyen

Revenu moyen	Taux moyens d'imposition et de contributions fiscales	Salaire net	Nb heures travaillées	Salaire horaire net
10 635 \$	7,0 %	9 891 \$	1 665	<b>5,94 \$</b>
23 929 \$	26,2 %	17 654 \$	1 665	<b>10,60 \$</b>
29 247 \$	26,8 %	21 408 \$	1 665	<b>12,86 \$</b>
34 564 \$	30,9 %	23 883 \$	1 665	<b>14,34 \$</b>
39 350 \$	35,9 %	25 232 \$	1 665	<b>15,15 \$</b>
62 748 \$	40,7 %	37 239 \$	1 665	<b>22,37 \$</b>

Source : Les Conseillers ADEC inc. (2009, p. 29)

Ces données permettent finalement de compiler les différentes valeurs de temps pour les quatre motifs définis précédemment (voir section 4.4.1 Les motifs de déplacement, page 40). La méthodologie retenue est basée sur les recommandations du *Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport* (Ferland, 2007). Ainsi, le salaire horaire brut est utilisé pour le motif affaires et le salaire horaire net pour le motif autre. Une moyenne entre le salaire horaire brut et net est réalisée pour déterminer la valeur du motif navettage. Enfin, le motif étude correspond à 25 % du salaire horaire brut.

Tableau 7 : Valeurs du temps de déplacement

Classe de revenu	Affaire	Navettage	Étude	Autre
Moins de 19 999 \$	7,16 \$	6,55 \$	1,79 \$	5,94 \$
20 000 \$ à 24 999 \$	16,23 \$	13,42 \$	4,06 \$	10,60 \$
25 000 \$ à 29 999 \$	19,86 \$	16,36 \$	4,97 \$	12,86 \$
30 000 \$ à 34 999 \$	23,49 \$	18,92 \$	5,87 \$	14,34 \$
35 000 \$ à 39 999 \$	26,73 \$	20,94 \$	6,68 \$	15,15 \$
40 000 \$ et plus	41,71 \$	32,04 \$	10,43 \$	22,37 \$

Source : Les Conseillers ADEC inc. (2009, p. 30)

## 4.5 Les coûts généralisés de transport

La variation de la demande de transport est intimement liée aux différents coûts associés au déplacement que l'on désigne sous le vocable de coûts généralisés de transport. Ces coûts sont de deux natures soient les coûts fondés sur l'individu et les coûts fondés sur le mode de transport, en l'occurrence la voiture.

### 4.5.1 Les coûts liés à l'individu

Les déplacements effectués afin de se mouvoir d'une origine à une destination impliquent un coût d'opportunité pour les individus. En effet, l'intervalle de temps nécessaire au transport prive l'agent de la possibilité de dédier son temps à d'autres usages, potentiellement plus productifs ou plus bénéfiques. Ce coût est calculé en utilisant les valeurs de temps détaillées précédemment au Tableau 7 selon le revenu et le motif auquel est dévolu le déplacement et en le multipliant par la durée du trajet.

Néanmoins, cette opération nécessite de mesurer le revenu de l'individu afin de l'attribuer à l'une des six classes différentes. La solution proposée dans cette étude consiste à associer le revenu moyen des habitants du secteur de recensement<sup>16</sup> du domicile de l'individu comme estimateur de son revenu individuel selon son sexe. Par la suite, ce revenu est actualisé en dollars de 2003 afin de correspondre à l'année de référence de cette étude.

La distance et la durée du trajet sont obtenues par la simulation de l'itinéraire optimal minimisant le temps de déplacement en écoulement libre, tout en respectant les limites de vitesse en vigueur grâce au logiciel *Microsoft® MapPoint® 2010*. Toutefois, une grande proportion des trajets se déroulent durant les périodes de pointe du matin et du soir, occasionnant des temps de déplacement supérieurs aux estimations. Afin de pallier cet obstacle, ces trajets seront prolongés en fonction du délai moyen mesuré lors de

---

<sup>16</sup> Le secteur de recensement (SR) est l'unité de division la plus petite utilisée par *Statistique Canada* lors des recensements. Elle correspond à de petites régions géographiques relativement stables de 2 500 à 8 000 habitants au sein d'une région métropolitaine de recensement (RMR) ou d'une agglomération de recensement (AR) d'au moins 50 000 habitants. Les SR tentent de présenter une forme compacte et d'être le plus homogène possible au niveau des caractéristiques socio-économiques. Source : Statistique Canada (2007)

l'évaluation de la congestion dans la région de Montréal en 2003 (Les Conseillers ADEC inc., 2009).

Tableau 8 : Retards moyens pour se rendre au centre-ville de Montréal le matin et pour en sortir l'après-midi en 2003

	Pointe du matin	Pointe de l'après-midi
<b>Montréal</b>	10,1 minutes	10,9 minutes
<b>Rive-Sud</b>	22,4 minutes	20,1 minutes
<b>Laval</b>	24,2 minutes	26,1 minutes
<b>Courette nord</b>	31,6 minutes	33,6 minutes
<b>Courette sud</b>	24,7 minutes	22,6 minutes

Source : Les Conseillers ADEC inc. (2009, p. 53)

Tableau 9 : Retards moyens pour se rendre sur l'île de Montréal le matin et pour en sortir l'après-midi en 2003

	Pointe du matin	Pointe de l'après-midi
<b>Montréal</b>	4,4 minutes	4,4 minutes
<b>Rive-Sud</b>	22,1 minutes	21,5 minutes
<b>Laval</b>	15,5 minutes	15,6 minutes
<b>Courette nord</b>	21,7 minutes	22,1 minutes
<b>Courette sud</b>	18,6 minutes	18,0 minutes

Source : Les Conseillers ADEC inc. (2009, p. 51)

#### 4.5.2 Les coûts liés à l'utilisation de la voiture

L'utilisation d'une voiture occasionne une panoplie de dépenses pour son propriétaire au niveau de son fonctionnement, mais également au niveau de sa possession. L'Association canadienne des automobilistes publie annuellement un document d'information détaillant le coût d'utilisation d'une berline à quatre portes dotée d'un moteur à quatre cylindres et d'une minifourgonnette munie d'un moteur à six cylindres (CAA, 2003). Malheureusement, il est impossible d'obtenir des données précises sur l'utilisation annuelle des véhicules des citoyens de la région ou sur la distribution réelle de la flotte de

véhicule. Incidemment, deux hypothèses décisives, mais réalistes sont formulées quant à ces deux limites.

Premièrement, que le parc automobile est homogène à l'intérieur d'une région administrative donnée. La formulation de cette hypothèse octroie la possibilité d'utiliser les données de la *Société de l'assurance automobile du Québec* sur le nombre de véhicules en circulation selon la région de résidence du propriétaire et le type d'utilisation (Société de l'assurance automobile du Québec, 2009).

Tableau 10 : Nombre de véhicules en circulation selon le type d'utilisation, le type de véhicule et la région de résidence du propriétaire en 2003

	Promenade		Institutionnelle, professionnelle ou commerciale		Total	
	Automobiles	Camions légers	Automobiles	Camions légers	Automobiles	Camions légers
Montréal	81,32 %	18,64 %	46,94 %	52,99 %	76,41 %	23,55 %
Laval	80,10 %	19,89 %	36,73 %	63,23 %	76,23 %	23,75 %
Lanaudière	74,00 %	25,99 %	25,38 %	74,54 %	70,09 %	29,89 %
Laurentides	73,29 %	26,70 %	27,97 %	71,91 %	69,34 %	30,65 %
Montréal	76,91 %	23,08 %	29,59 %	70,34 %	72,79 %	27,19 %
Province	75,30 %	24,68 %	32,96 %	66,97 %	71,14 %	28,83 %

Source : Société de l'assurance automobile du Québec (2009, pp. 150-156)

Néanmoins, une hypothèse supplémentaire est nécessaire avant de pouvoir utiliser les données amassées par la SAAQ. En effet, cette étude pose l'hypothèse que la berline et la minifourgonnette évoquées par le CAA représentent des *proxys* acceptables aux catégories automobiles et camions légers de la SAAQ.

Deuxièmement, que la distance annuelle moyenne parcourue par l'ensemble des véhicules de la région est de 18 000 kilomètres. Cette distance est conseillée par l'*Association canadienne des automobilistes* comme base de calcul dans le coût d'utilisation d'une automobile (CAA, 2003). Ces différentes hypothèses permettent d'établir le coût de fonctionnement des véhicules, incluant le carburant et l'huile, l'entretien

et les pneus à 0,1375 \$/km pour une automobile et à 0,1525 \$/km pour un camion léger (CAA, 2003). Les coûts de stationnement sont éliminés de l'analyse, car il est très laborieux de tenter de fournir une donnée sur cette composante pour une région aussi vaste<sup>17</sup> et pour une utilisation aussi variée. Les coûts de propriété des véhicules comprennent quant à eux les assurances, le permis de conduire et d'immatriculation, la dépréciation et les frais de financement. Ces coûts se chiffrent annuellement à 7 050 \$ pour une automobile et à 7 241 \$ pour un camion léger, soit un tarif kilométrique de 0,3917 \$/km et 0,4023 \$/km respectivement. En résumé, les coûts moyens totaux liés à l'utilisation d'un véhicule dans la région métropolitaine de Montréal se chiffrent à 0,5292 \$/km pour une automobile et à 0,5548 \$/km pour un camion léger. Ces coûts sont ensuite pondérés selon la composition du parc automobile de la région de résidence de chacun des utilisateurs afin de déterminer les coûts liés à l'utilisation d'un véhicule pour tous les trajets.

## 4.6 La réduction de la demande

La composante essentielle de toute analyse économique est de déterminer la variation de la demande induite par l'implantation d'un projet ou d'un choc. L'élasticité de la demande mesure cette variation en observant le changement en pourcentage d'une variable par rapport au changement en pourcentage d'une autre variable, *ceteris paribus*. Dans le cadre de cette étude, cette donnée quantifie l'impact sur la demande de transport de la hausse des coûts généralisés de transport en réponse à l'implantation du péage. Les coûts généralisés de transport furent exposés en détail à la section 4.5 Les coûts généralisés de transport (pages 45 à 48) ce qui permet maintenant de déterminer la variation en pourcentage du coût de chacun des trajets affectés par l'implantation du péage. Malheureusement, il est impossible de déterminer la variation de la demande, car le projet ne s'est pas encore matérialisé. Une alternative offerte afin de contourner cet écueil est de

---

<sup>17</sup> Une étude annuelle des coûts de stationnement dans le centre des affaires (CBD) est réalisée par la firme *Colliers International* et compile des données pour le centre-ville de Montréal. Le coût quotidien moyen était évalué à 14,50 \$ en 2003 (Colliers International, 2003).

mesurer l'élasticité de la demande actuelle sans la présence de péage et de la comparer ensuite aux résultats empiriques obtenus par la méthode des coûts généralisés de transport.

Les données recueillies par l'*enquête Origine-Destination* permettent de dresser un portrait de la demande de transport qui transite ou se destine à l'intérieur des deux scénarios de péage envisagés. Un premier constat qu'il est possible de dégager est que la part de l'automobile (conducteur/passager) est plus élevée que tout autre mode de déplacement dans les deux scénarios de perception, mais que cette part est relativement plus faible dans la portion centre-ville (scénario 1). En second lieu, les trajets effectués uniquement en transport en commun<sup>18</sup> occupent une part substantielle des déplacements globaux dans les deux scénarios de péage. Enfin, le taux d'occupation des véhicules est plus élevé dans le scénario 2 (1,284) que dans le scénario 1 (1,254).

Tableau 11 : Nombre de déplacements par mode de transport – Scénario 1

Mode	Nombre	Part modale
Automobile – Conducteur	181 845	32,0 %
Automobile – Passager	42 480	7,5 %
Transport en commun	205 607	36,2 %
Autobus scolaire	816	0,1 %
Taxi	7 534	1,3 %
Moto	456	< 0,1 %
Vélo	11 409	2,0 %
Marche	81 700	14,4 %
Autre	36 140	6,4 %
<b>Total</b>	<b>567 987</b>	

Source : Fichier de déplacements des personnes dans la région de Montréal  
Enquête Origine-Destination 2003, version 03.b période automne

Traitement : Vincent Hébert

<sup>18</sup> Ces trajets correspondent à un déplacement où le transport en commun (autobus STM, STL, RTL, CIT, autre, métro, train, transport adapté et mode interurbain) est utilisé du début à la fin sans aucun autre mode de déplacement.

Tableau 12 : Nombre de déplacements par mode de transport – Scénario 2

Mode	Nombre	Part modale
Automobile – Conducteur	420 615	34,3 %
Automobile – Passager	112 846	9,2 %
Transport en commun	393 956	32,2 %
Autobus scolaire	6 392	0,5 %
Taxi	15 169	1,2 %
Moto	914	< 0,1 %
Vélo	27 595	2,3 %
Marche	201 382	16,4 %
Autre	45 669	3,7 %
<b>Total</b>	<b>1 224 538</b>	

Source : Fichier de déplacements des personnes dans la région de Montréal  
Enquête Origine-Destination 2003, version 03.b période automne

Traitement : Vincent Hébert

Les motifs auxquels se destinent ces déplacements permettent également de mettre en lumière certains constats. Premièrement, le mode de transport privilégié pour se déplacer dans l'exercice de ses fonctions demeure la voiture personnelle (à titre de conducteur) dans plus de la moitié des situations. Deuxièmement, le transport en commun tire admirablement son épingle du jeu dans le cadre des déplacements liés au navettage quotidien dans les deux scénarios que ce soit au niveau du travail (39,2 % et 35,6 % respectivement) ou des études (55,1 % et 49,3 %). Enfin, les modes de déplacement actif (vélo/marche) obtiennent la faveur d'un plus grand nombre d'individus se destinant au motif autre (loisirs/magasinage) dans le premier scénario alors qu'ils sont favorisés par les étudiants dans le deuxième scénario.



Tableau 13 : Nombre de déplacements par mode de transport et par motif – Scénario 1

<b>Mode</b>	<b>Motifs</b>			
	<b>Affaire</b>	<b>Navettage</b>	<b>Étude</b>	<b>Autre</b>
Automobile – Conducteur	11 390	97 187	9 478	63 791
Automobile – Passager	1 414	14 930	5 024	21 111
Transport en commun	4 466	109 036	45 254	46 851
Autobus scolaire			802	14
Taxi	538	2 159	407	4 430
Moto		271	25	160
Vélo	534	6 046	1 498	3 330
Marche	1 560	19 547	15 121	45 472
Autre	454	28 884	4 591	2 212
<b>Total</b>	<b>20 356</b>	<b>278 060</b>	<b>82 200</b>	<b>187 371</b>

Source : Fichier de déplacements des personnes dans la région de Montréal  
Enquête Origine-Destination 2003, version 03.b période automne

Traitement : Vincent Hébert

Tableau 14 : Nombre de déplacements par mode de transport et par motif – Scénario 2

<b>Mode</b>	<b>Motifs</b>			
	<b>Affaire</b>	<b>Navettage</b>	<b>Étude</b>	<b>Autre</b>
Automobile – Conducteur	21 414	193 304	22 408	183 490
Automobile – Passager	2 613	27 615	27 209	55 409
Transport en commun	8 140	169 720	115 030	101 066
Autobus scolaire			6 324	68
Taxi	913	3 813	722	9 721
Moto	32	315	143	424
Vélo	1 107	11 639	3 574	11 276
Marche	3 082	38 002	49 170	111 128
Autre	608	32 384	8 792	3 883
<b>Total</b>	<b>37 909</b>	<b>476 792</b>	<b>233 372</b>	<b>476 465</b>

Source : Fichier de déplacements des personnes dans la région de Montréal  
Enquête Origine-Destination 2003, version 03.b période automne

Traitement : Vincent Hébert

Le calcul de l'élasticité de la demande exige de définir les concepts de marché primaire et de marché secondaire. En effet, l'implantation d'un péage produit des changements dans un nombre considérable de marchés. Par exemple, la diminution de l'utilisation des voitures se traduit potentiellement par une augmentation de l'utilisation des transports publics. Cette variation provoque possiblement une réduction de la congestion et de la pollution. Cette situation réduit vraisemblablement la demande pour les réparations automobiles, les espaces de stationnement ou le carburant. Il est possible de poursuivre cette analyse en ajoutant sans cesse de nouveaux marchés affectés par l'imposition du péage. Néanmoins, une détermination judicieuse du marché primaire permet d'éviter une telle surenchère et de réaliser une analyse avantages-coûts crédible.

Un marché primaire est un marché affecté **directement** par l'application d'une nouvelle mesure, en l'occurrence le transport automobile dans le cadre de cette étude. En contrepartie, un marché secondaire est un marché affecté **indirectement** par la mesure implantée. Le marché primaire peut également être perturbé par certaines distorsions, telles que la pollution ou la congestion, qui représentent des externalités négatives. L'analyse avantages-coûts tente de monétiser tous les effets se produisant sur le marché primaire lors du calcul de la valeur actuelle nette. En revanche, les effets sur les marchés secondaires sont généralement exclus de l'analyse sauf en ce qui concerne les marchés où les prix sont différents des coûts sociaux marginaux. Cette situation est détaillée à la section 5.2.4 Le coût social du transport en commun, page 74.

La demande de transport automobile peut donc être représentée en utilisant un graphique où le prix est affiché en ordonnée et la quantité demandée en abscisse. Dans le cadre de cette recherche, le coût généralisé de transport correspond au prix et le nombre de déplacements à la quantité demandée. Enfin, le coût généralisé de transport est regroupé par classe de 1 \$ afin de faciliter la représentation et l'interprétation graphique de la demande.

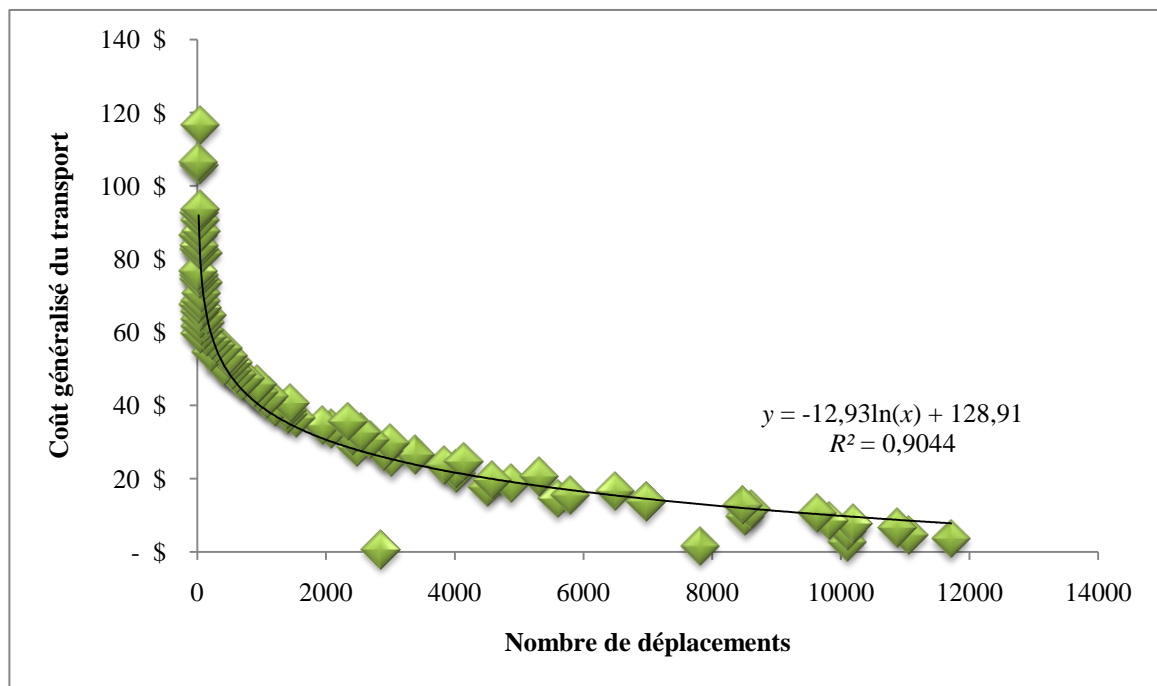
Il existe un certain nombre de méthodes afin de mesurer la demande de transport automobile dans une région. Une première méthode consiste à utiliser les données concernant les conducteurs de voiture uniquement (et n'effectuant aucun transfert modal) et

à les ajuster afin de tenir compte du taux d'occupation des véhicules. Cette option suppose implicitement que tous les occupants de la voiture se destinent au même motif que le conducteur ce qui n'est manifestement pas une vérité absolue. Néanmoins, cette méthode permet de prendre en compte les coûts fixes des voitures qui représentent une portion non négligeable du coût généralisé de transport (environ 75 % des coûts globaux).

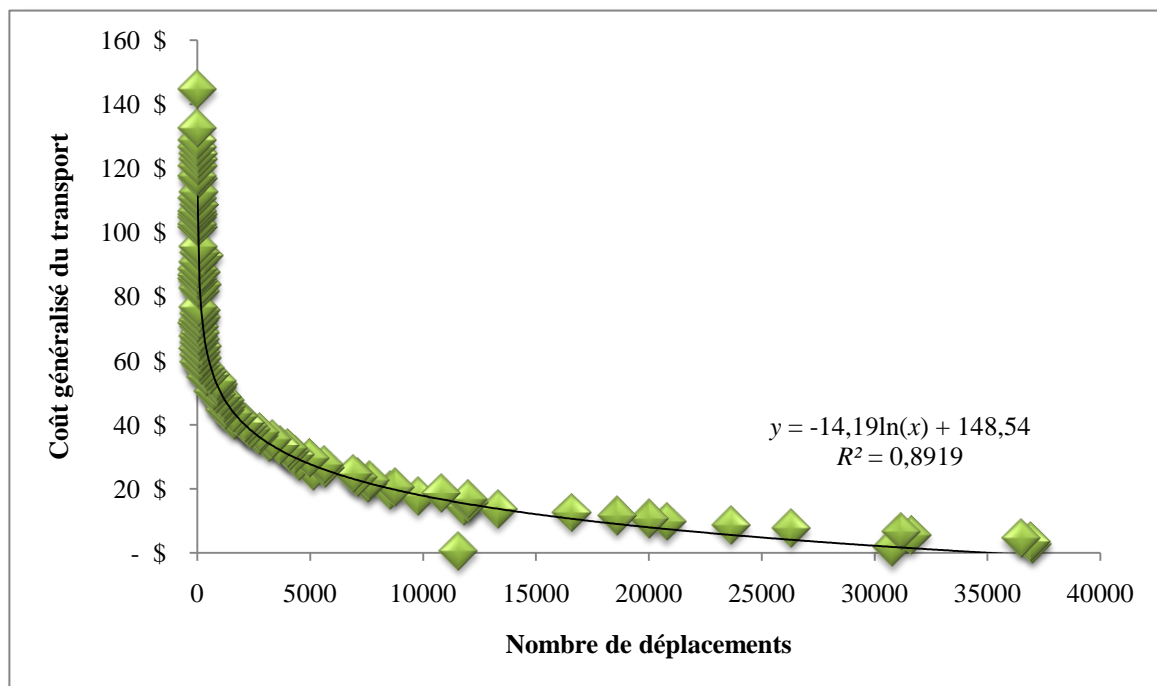
Une seconde méthode consiste à éliminer les coûts fixes du calcul des coûts généralisés de transport et à conserver uniquement les coûts variables d'utilisation. Cette approche est utilisée dans le but de considérer les différents motifs et revenus des occupants de la voiture et à concilier le taux d'occupation variable selon l'origine du trajet. L'abandon des coûts fixes dans le calcul des coûts généralisés de transport peut être justifié dans la mesure où il est difficile de mesurer avec exactitude l'utilisation individuelle des véhicules. L'amortissement des coûts fixes repose sur une distance annuelle moyenne parcourue identique pour l'ensemble des automobilistes. Cette indication suppose, *ceteris paribus*, qu'une fois l'achat d'un véhicule effectué, les motifs auxquels sont destinés les déplacements ne sont plus pertinents dans le calcul des coûts. En effet, il devient insignifiant d'ajuster les coûts variables en ajoutant les coûts fixes, car ces derniers seront assumés indépendamment du motif de déplacement.

La représentation de ces deux méthodes est illustrée pour les deux scénarios de perception aux pages suivantes. Une courbe de régression est également dessinée afin de faciliter la détermination de la forme fonctionnelle de la demande.

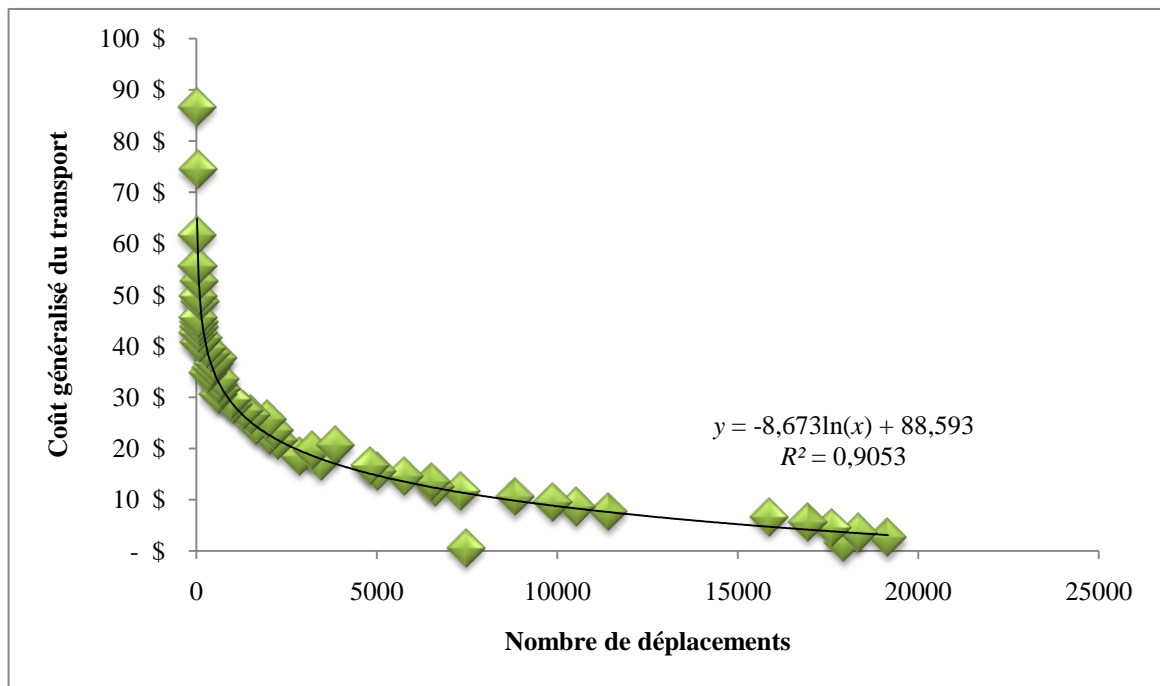
Graphique 1 : Demande de transport – Méthode 1 – Scénario 1



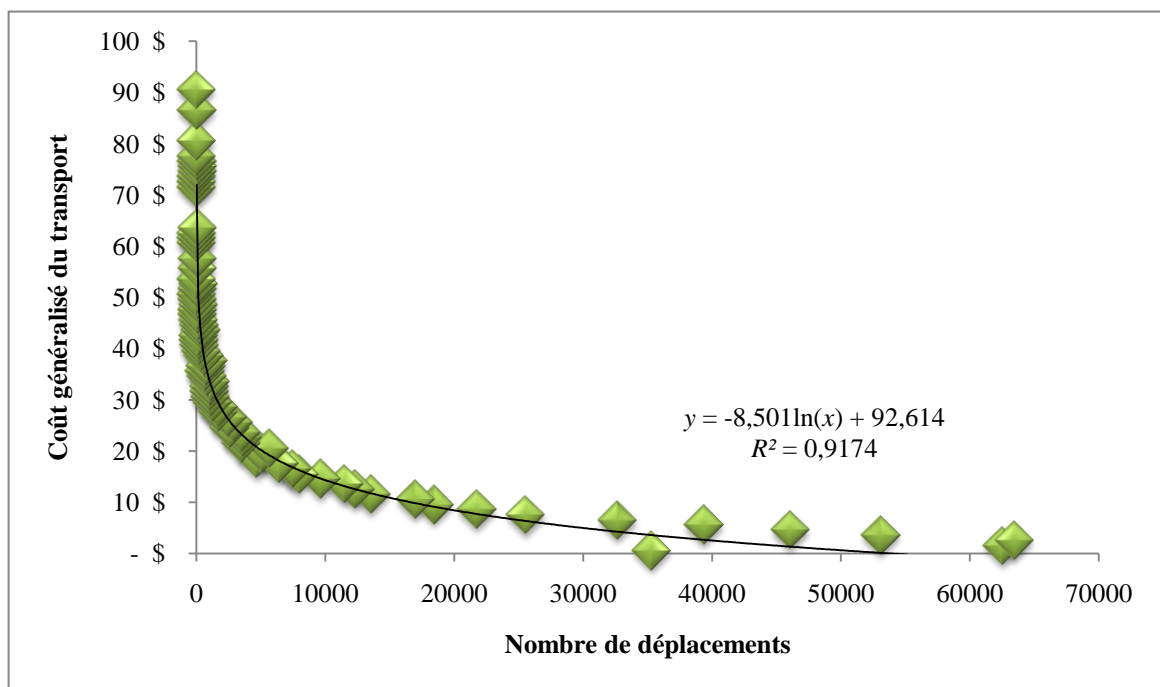
Graphique 2 : Demande de transport – Méthode 1 – Scénario 2



Graphique 3 : Demande de transport – Méthode 2 – Scénario 1



Graphique 4 : Demande de transport – Méthode 2 – Scénario 2



Les modélisations précédentes permettent de déterminer la forme fonctionnelle de la demande. En effet, la courbe de régression des différents graphiques confirme une demande de type lin-log. Cette forme fonctionnelle se manifeste lorsque la transformation de la variable indépendante grâce au logarithme népérien se traduit par une relation linéaire avec la variable dépendante.

$$y = \beta_1 + \beta_2 \ln x$$

Incidentement, l'élasticité des modèles lin-log est définie grâce à l'équation suivante :

$$\eta = \frac{\partial y}{\partial x} \cdot \frac{x}{y} = \beta_2 \frac{1}{x} \cdot \frac{x}{y} = \beta_2 \frac{1}{y}$$

Cette forme présente une élasticité continuellement variable selon la valeur affichée par la variable dépendante. La détermination de l'élasticité de la demande est alors réalisée en utilisant la valeur moyenne de la variable dépendante ( $\bar{y}$ ). Les valeurs d'élasticité obtenues grâce à cette équivalence sont de  $\eta_1 = -0,804$  et  $\eta_2 = -1,061$  pour la première méthode et de  $\eta_1 = -0,917$  et  $\eta_2 = -1,117$  pour la seconde méthode.

Ces valeurs témoignent d'une élasticité de la demande avoisinant l'élasticité unitaire signifiant qu'une augmentation de 1 % des coûts généralisés de transport se traduit par une diminution d'environ 1 % du nombre de déplacements. De plus, ces résultats affichent une sensibilité plus prononcée du deuxième scénario de perception à la variation du coût de transport dans le cadre des deux méthodes de calculs. En effet, le deuxième scénario présente des élasticités de la demande supérieures à un, affirmant le caractère relativement élastique de la demande, alors que le premier scénario affiche des valeurs inférieures à un, attestant d'un caractère relativement inélastique. Cette indication peut sembler contre-intuitive à première vue considérant que les options de transport sont plus abondantes vers le centre-ville qu'en périphérie. Néanmoins, cet état de fait peut être attribuable à plusieurs facteurs, notamment à la distribution relativement distincte des motifs de déplacement entre les deux scénarios. Enfin, l'écart entre les élasticités de la demande des deux scénarios de perception est relativement semblable pour les deux méthodes de calculs.

Les données présentées dans cette section dressent un portrait grossier de la demande actuelle de transport automobile se destinant ou transitant par les deux périmètres de perception. Toutefois, une analyse plus rigoureuse de la demande de transport selon certains motifs de déplacement ou certaines plages horaires permettrait de dresser un portrait beaucoup plus représentatif de la réalité montréalaise. En effet, on peut supposer que les déplacements à vocation commerciale sont beaucoup plus inélastiques que les déplacements liés au navettage qui eux-mêmes sont potentiellement plus inélastiques que les déplacements dont le but est récréatif. Dans la même optique, les déplacements effectués en semaine admettent vraisemblablement des élasticités de la demande différentes de celles réalisées durant la fin de semaine. Ainsi, il est judicieux de comprendre les limites théoriques et pratiques inhérentes à cet exercice et découlant de cette estimation. Les élasticités de la demande retenues pour les deux scénarios de perception sont basées sur les recommandations de Santos & Shaffer (2004) qui excluent les coûts fixes de l'analyse. Ces valeurs sont respectivement de  $\eta_1 = -0,917$  et  $\eta_2 = -1,117$  pour la région montréalaise.

La littérature scientifique est relativement modeste en ce qui concerne les élasticités de la demande dans le cadre des péages urbains. Néanmoins, la ville de Singapour est sans conteste la plus importante source de données à ce sujet grâce à la compilation exhaustive nécessaire à ses ajustements périodiques. Un rapport rigoureux des multiples études publiées à ce sujet (Dodgson, Young, & van der Veer, 2002) suggère une élasticité point de l'ordre de -0,12 à -0,35. Une étude analysant l'élasticité de la demande à la suite de l'implantation du péage londonien (Santos & Shaffer, 2004) estime cette donnée à -1,32 alors que l'autorité responsable avance plutôt une élasticité point de -1,6 (Transport for London, 2007). Les évaluations réalisées lors de l'implantation du projet-pilote suédois affichent des élasticités de la demande de -0,8 (Eliasson, Hultkrantz, Nerhagen, & Rosqvist, 2009) et -0,93 (Prud'homme & Kopp, 2006) alors que les élasticités mesurées dans les villes norvégiennes sont de -0,22 pour Oslo et de -0,45 pour Alesund (Jones & Hervik, 1992). Ces imposantes fluctuations entre les différents résultats témoignent du caractère singulier de chacun des projets de péage et de la périlleuse tentative d'inférer des données ou des indicateurs à un autre contexte d'application.

Toutefois, il existe une approche conciliant les valeurs mesurées pour la région de Montréal et les résultats empiriques internationaux. En effet, les élasticités calculées précédemment sont produites grâce à la méthode des coûts généralisés de transport qui permettent de transposer les préférences de déplacement des individus d'une localité. Une revue de la littérature concernant ces coûts fut réalisée par Litman (2010) qui relève que la valeur usuelle est de -0,5 (NHI, 1995) alors qu'une discrimination temporelle des valeurs attribue plutôt une élasticité se situant entre -0,5 et -1,0 à court terme et entre -1,0 et -2,0 à long terme (Lee, 2000). Enfin, une étude australienne (Booz, Allen, & Hamilton, 2003) estime les coûts généralisés de transport de la région de Canberra à -0,87 pour la période de pointe et à -1,18 pour la période hors pointe avec une moyenne combinée de -1,02. Ces différentes études confirment que les valeurs obtenues pour la région de Montréal (-0,917 et -1,117) se situent dans une fourchette cible réaliste.

Ensuite, la fluctuation de la demande de transport se destinant ou transitant par les deux zones de péage peut être modélisée. Cette simulation est effectuée grâce à trois modèles distincts afin de capter les effets liés à l'application du péage durant trois périodes de perception différentes. Le premier modèle représente une simulation des jours ouvrables où l'ensemble des étudiants et des travailleurs se côtoient sur les routes de la région. Ce modèle est pondéré par le facteur d'équivalence associé aux étudiants et se chiffant à 180 (voir section 4.4.2 Annualisation des données, page 41). Le second modèle symbolise les jours ouvrables où les étudiants sont absents du réseau routier. Cette simulation est affectée par un facteur d'équivalence de 70, représentant la différence entre la moyenne des jours ouvrables d'une année et le nombre de jours de classe. Enfin, le dernier modèle estime la demande au cours des fins de semaine et des jours fériés où seulement les trajets imputés du motif autre sont considérés. Cette simulation est ajustée par un facteur d'équivalence de 115.

La simulation est réalisée séquentiellement selon les étapes suivantes :



### Détermination du montant du péage

Le montant du péage est déterminé selon le domicile du conducteur de la voiture<sup>19</sup>. Si ce dernier réside dans la zone de perception, le montant à déboursier est fixé à 2,00 \$. Si le conducteur réside à l'extérieur de la zone, le montant du péage est majoré à 4,00 \$.

$$p\acute{e}age = \begin{cases} 2 \$ \text{ si r\acute{e}sident de la zone} \\ 4 \$ \text{ si ext\acute{e}rieur de la zone} \end{cases}$$

### Calcul du coût généralisé de transport sans péage

Le coût généralisé de transport, sans péage et sans coûts fixes, est obtenu grâce à la formule suivante :

$$P = distance \times cout_{km} + \frac{(temps + prime_{AM} + prime_{PM})}{60} \times valeur_{temps}$$

<i>distance</i>	distance du trajet aller simple selon le logiciel <i>Microsoft® MapPoint® 2010</i> selon un critère de minimisation du temps de déplacement en kilomètres
<i>cout<sub>km</sub></i>	coût kilométrique pondéré selon la distribution du parc automobile des citoyens du lieu de domicile du propriétaire (voir section 4.5.2 Les coûts liés à l'utilisation de la voiture, page 46)
<i>temps</i>	durée du trajet aller simple selon le logiciel <i>Microsoft® MapPoint® 2010</i> en écoulement libre et selon les limites de vitesse en vigueur en minutes
<i>prime<sub>AM/PM</sub></i>	minutes de retard imposées aux automobilistes selon l'origine et la destination du trajet (voir Tableau 8 et Tableau 9, page 46)
<i>valeur<sub>temps</sub></i>	valeur de temps des individus selon le motif et le revenu de travail (voir Tableau 7, page 44)

La variation du coût généralisé de transport à la suite de l'implantation du péage est :

$$\Delta P = (P + p\acute{e}age) - P = p\acute{e}age$$

### Variation de la demande de transport

La variation de la demande de transport est dérivée directement de la formule de l'élasticité de la demande suite à un remaniement des termes de l'équation :

---

<sup>19</sup> Afin d'alléger la notation, les indices *i* représentant les trajets individuels et *t* représentant les itérations sont omis des équations

$$\frac{\Delta Q/Q}{\Delta P/P} = \eta \Leftrightarrow \frac{\Delta Q}{Q} = \eta \frac{\Delta P}{P} \Leftrightarrow \Delta Q = \eta \frac{\Delta P}{P} Q$$

$$\eta = \begin{cases} -0,917 & \text{pour la zone 1) } \\ -1,117 & \text{pour la zone 2) } \end{cases}$$

$\eta$	élasticité-prix de la demande de transport automobile (voir page 56)
$Q$	nombre initial de voitures en circulation avant l'implantation du péage
$\Delta Q$	variation du nombre de voitures en circulation à la suite de l'implantation du péage

### Calcul de l'économie de temps

L'économie de temps produite à la suite du retrait des véhicules est considérable seulement au cours des deux périodes de pointe. En effet, à l'extérieur de ces deux intervalles critiques, l'élimination d'un véhicule ne génère aucune économie de temps, car le réseau routier n'est pas saturé. Une variable binaire est donc ajoutée à la modélisation afin de déterminer si le trajet est réalisé durant une de ces deux périodes.

$$\theta = \begin{cases} 0 & \text{si le trajet est en période hors - pointe} \\ 1 & \text{si le trajet est en période de pointe} \end{cases}$$

Ensuite, la diminution en pourcentage du nombre total de véhicules en circulation durant les périodes de pointe est calculée grâce à la formule suivante :

$$\Delta\%Q_{pointe} = \frac{\sum(\Delta Q|\theta = 1)}{\sum(Q|\theta = 1)}$$

La croissance du temps de déplacement additionnel durant les périodes de pointe en fonction de la croissance du nombre de voitures en circulation est évaluée par l'étude sur la congestion routière pour la région montréalaise (Les Conseillers ADEC inc., 2009).

$$\lambda = \frac{\Delta R\%}{\Delta V\%} = 4,36$$

$\Delta R\%$	variation en pourcentage du temps additionnel de déplacement durant les périodes de pointe entre 1998-2003
$\Delta V\%$	variation en pourcentage du nombre de véhicules durant les périodes de pointe entre 1998-2003

En d'autres termes, une augmentation (diminution) d'un pour cent du nombre de véhicules en circulation durant les périodes de pointe se traduit par une augmentation (diminution) de 4,36 % du temps additionnel de déplacement. La durée moyenne du temps additionnel de déplacement pour l'ensemble du réseau routier montréalais durant les périodes de pointe en 2003 est également mesurée par l'étude sur la congestion (Les Conseillers ADEC inc., 2009).

$$\delta = 5,8 \text{ minutes}$$

La combinaison de ces différentes valeurs permet de déterminer l'économie de temps en nombre de minutes générée par la diminution en pourcentage du nombre de véhicules en circulation durant les périodes de pointe :

$$\text{économie} = \Delta\%Q_{\text{pointe}} \cdot \lambda \cdot \delta$$

En somme, une diminution d'un pour cent du nombre de véhicules en circulation à la suite de l'implantation du péage se traduit par une diminution du temps de déplacement de 15,17 secondes. Une condition logique est toutefois ajoutée à la simulation afin que la valeur de l'économie de temps mesurée ne soit pas supérieure au nombre de minutes de retard imposées aux automobilistes selon la paire origine-destination :

$$\text{économie} = \begin{cases} \text{prime}_{AM/PM} & \text{si } \text{prime}_{AM/PM} < \Delta\%Q_{\text{pointe}} \cdot \lambda \cdot \delta \\ \Delta\%Q_{\text{pointe}} \cdot \lambda \cdot \delta & \text{sinon} \end{cases}$$

Cette économie de temps est ensuite monétisée afin de déterminer le gain financier généré par l'implantation du péage :

$$\text{gain} = \frac{\text{économie}}{60} \times \text{valeur}_{\text{temps}}$$

### **Atteinte de l'équilibre du système**

Le gain financier réalisé est ensuite déduit du montant du péage afin de prendre en considération les bénéfices liés à la réduction de la congestion :

$$\text{péage}_{t+1} = \text{péage}_t - \text{gain}_t$$

Cette diminution implicite du coût du péage incite une partie des usagers évincés à retourner sur les routes de la région. Cet afflux d'anciens usagers se traduit par une réduction de l'économie de temps générée et incidemment, par un gain financier décroissant pour l'ensemble des usagers. Une nouvelle itération des étapes précédentes est nécessaire afin de satisfaire ce processus perpétuel de balancier, car la variation de la valeur de *péage* se traduit par une variation de  $\Delta P$ . Un nouveau cycle est réalisé jusqu'à ce que le système converge vers un état stationnaire, généralement à la suite d'une vingtaine d'itérations pour le scénario 1 et après plus d'une centaine dans le cas du scénario 2.

Il est difficile de déterminer la durée de cette phase de mise au point en pratique, car l'utilisation automobile fluctue grandement entre les différentes périodes de l'année. Néanmoins, les expériences internationales survolées en Annexe I témoignent de l'existence de périodes d'ajustement plus ou moins longues en fonction de différents facteurs notamment de l'information transmise aux utilisateurs avant l'implantation du péage et de la complexité de la tarification en vigueur.

## Résultats

La présence d'un équilibre stationnaire permet de s'assurer que les valeurs des différents paramètres nécessaires à l'analyse avantages-coûts convergent vers une valeur unique. La partie suivante quantifie les avantages et les inconvénients découlant de ces valeurs afin de statuer sur la validité d'implanter un projet de péage dans la région de Montréal.

## 5 - Analyse avantages-coûts

L'outil d'évaluation privilégié dans cette étude est l'analyse avantages-coûts qui permet de déterminer la valeur actuelle nette d'un projet (VAN). Cette donnée renseigne sur la rentabilité économique liée à l'implantation d'un péage métropolitain dans la région de Montréal du point de vue de la société québécoise. L'analyse est effectuée en utilisant des prix de référence afin de refléter la valeur réelle des flux monétaires. Ces flux sont ensuite actualisés à l'année de base du projet grâce au taux d'actualisation sociale qui représente les préférences des agents. L'analyse avantages-coûts considère les flux monétaires selon trois ordres distincts : les avantages, les coûts et les externalités du projet.

Premièrement, le montant prélevé par le péage est considéré comme un paiement de transfert (Martin, 2008), car il correspond à une augmentation de la rente des producteurs en réponse à la diminution du surplus des consommateurs. Cette information est donc exclue de l'analyse des avantages ou des coûts du projet, car l'agrégation de ces deux éléments se solde par une somme nulle. Deuxièmement, le principal avantage de la tarification routière réside dans l'économie de temps générée par son imposition. En effet, un certain nombre d'utilisateurs délaisseront les routes pour se tourner vers d'autres options de transport ou modifieront leur itinéraire afin d'éviter la zone de perception ce qui se transposera par une vitesse moyenne accrue. Troisièmement, les coûts économiques engendrés par le projet correspondent aux coûts de construction et d'exploitation du péage, à la perte de surplus des anciens usagers évincés par l'application du péage ainsi qu'au coût social supplémentaire découlant de l'utilisation des transports publics. Ces deux dernières composantes sont indispensables à l'analyse des coûts, car la mise en œuvre de la tarification routière prive les anciens utilisateurs du bénéfice qu'ils tiraient à utiliser leurs voitures et impose un coût à l'ensemble de la société. Quatrièmement, un certain nombre d'avantages et d'inconvénients proviennent d'externalités dégagées par la mise en place du péage. À ce titre, il convient de mentionner qu'il est impossible et extrêmement laborieux de monétiser toutes les externalités liées au projet. Néanmoins, cette étude considère la réduction du nombre d'accidents sur les routes et la diminution de la pollution comme étant les principales externalités générées et fonde le calcul uniquement sur ces composantes.

Enfin, la somme actualisée de tous ces flux monétaires se solde en une valeur actuelle nette qui permet de statuer sur la rentabilité économique du projet. Si le résultat est inférieur à zéro, le projet ne devrait pas être entrepris, car les coûts excèdent les avantages. Toutefois, si la valeur obtenue est supérieure à zéro, les gains économiques supplantent les coûts ce qui est un élément décisif justifiant l'implantation du projet.

## Méthodologie

$$VAN = -I_0 + \sum_1^n \frac{(Avantages_t - Coûts_t)}{(1+r)^t} \pm \sum_1^n \frac{Externalites_t}{(1+r)^t}$$

*VAN* Valeur actualisée nette du projet calculée à l'année 2003

*I<sub>0</sub>* Investissement initial du projet effectué à l'année 2003

*r* Taux d'actualisation sociale de 8 %

*n* Horizon du projet de 10 ans

*Avantages<sub>t</sub>* Avantages économiques du projet au temps *t*

*Coûts<sub>t</sub>* Coûts économiques du projet au temps *t*

*Externalites<sub>t</sub>* Externalités positives et négatives du projet au temps *t*

*t* Année d'intérêt du projet

## 5.1 Les avantages économiques

### 5.1.1 L'économie du temps de transport

Le principal avantage économique du projet est l'économie de temps qu'il génère pour tous les utilisateurs du réseau routier. En effet, l'imposition d'un péage augmente le coût privé de transport pour les automobilistes ce qui entraîne une éviction d'utilisateurs ayant une plus faible disposition à payer pour se déplacer. Ces derniers disposent alors d'un certain nombre d'options à court terme telles que d'annuler leur déplacement, de modifier leur itinéraire afin de limiter ou d'éliminer le passage à un point de perception ou de modifier leur mode de transport afin de se soustraire au péage. À plus long terme, l'imposition d'un péage pourrait modifier la composition géographique et urbaine du territoire en incitant les entreprises à se délocaliser dans des zones exclues de la tarification

routière, favorisant l'étalement urbain ou à l'inverse, à encourager une plus grande densification du territoire. Cet aspect ne sera toutefois pas couvert dans cette analyse, mais une évaluation de cet enjeu serait pertinente afin de déterminer l'impact à plus long terme de l'implantation du péage dans le paysage montréalais.

L'économie du temps de transport est mesurée uniquement durant les deux périodes de pointe de la journée. En effet, cette étude pose l'hypothèse que les déplacements à l'extérieur de ces intervalles de temps se déroulent à une vitesse d'écoulement libre. Ce constat élimine ainsi la possibilité de bénéficier d'une économie de temps en raison de l'absence de congestion. Les données colligées à la suite des différentes modélisations de la variation de la demande indiquent que le gain de temps moyen des utilisateurs du péage est de 3,17 minutes en ce qui a trait au premier scénario de perception et de 3,47 minutes dans le cadre du second scénario. Ces paramètres sont ensuite monétisés en fonction de la valorisation du temps de transport de chacun des individus se destinant aux zones de péage. Enfin, l'agrégation de toutes ces valeurs illustre l'économie de temps de transport générée par l'implantation du péage.

Toutefois, cette étude n'accorde aucune économie aux autres utilisateurs du réseau routier malgré que ces derniers puissent bénéficier de l'implantation du péage. En effet, indépendamment de l'origine ou de la destination du déplacement, les deux scénarios de perception accordent des exemptions à certaines voies rapides traversant les zones de péage. Cette situation génère inévitablement des avantages, mais également des inconvénients à l'ensemble des utilisateurs. L'hypothèse retenue dans le cadre de ce rapport est d'exclure tout calcul ayant trait à ces utilisateurs.

Tableau 15 : Avantages économiques nominaux – Scénario 1

<b>Année</b>	<b>Congestion récurrente</b>	<b>Congestion incidente</b>
2003	0,00 \$	0,00 \$
2004	47 105 287,84 \$	56 761 871,84 \$
2005	47 432 447,16 \$	57 156 098,82 \$
2006	47 761 899,73 \$	57 553 089,18 \$
2007	48 015 594,24 \$	57 858 791,06 \$
2008	48 270 668,48 \$	58 166 155,52 \$
2009	48 527 130,11 \$	58 475 191,78 \$
2010	48 784 986,85 \$	58 785 909,15 \$
2011	49 044 246,45 \$	59 098 316,97 \$
2012	49 190 751,27 \$	59 274 855,28 \$
2013	49 337 736,48 \$	59 451 972,46 \$
<b>Total net</b>	<b>483 470 748,60 \$</b>	<b>582 582 252,06 \$</b>

Tableau 16 : Avantages économiques nominaux – Scénario 2

<b>Année</b>	<b>Congestion récurrente</b>	<b>Congestion incidente</b>
2003	0,00 \$	0,00 \$
2004	87 156 840,04 \$	105 023 992,25 \$
2005	87 762 148,56 \$	105 753 389,02 \$
2006	88 371 699,92 \$	106 487 898,40 \$
2007	88 841 074,63 \$	107 053 494,93 \$
2008	89 313 001,92 \$	107 622 167,31 \$
2009	89 787 495,98 \$	108 193 932,65 \$
2010	90 264 571,07 \$	108 768 808,14 \$
2011	90 744 241,56 \$	109 346 811,07 \$
2012	91 015 283,45 \$	109 673 416,55 \$
2013	91 287 214,00 \$	110 001 092,87 \$
<b>Total net</b>	<b>894 543 571,12 \$</b>	<b>1 077 925 003,20 \$</b>



## 5.2 Les coûts économiques

L'analyse avantages-coûts fait usage des prix de référence afin de transmettre la valeur réelle des flux monétaires lors du calcul des coûts économiques. Cette modification élimine la distorsion causée par l'imposition de taxes ou d'impôts qui représentent une distribution de la richesse à l'intérieur d'un pays plutôt qu'un coût économique. Quatre différents types de coûts sont analysés dans cette section : les coûts de construction et d'exploitation, les coûts engendrés par la perte de surplus des anciens utilisateurs avant l'introduction du péage et le coût social supplémentaire imposé à la collectivité québécoise à la suite du report modal vers le transport en commun.

### 5.2.1 Les coûts de construction

La technologie de perception privilégiée dans le cadre de cette étude fut mise en application pour le projet-pilote de la ville de Stockholm en 2006. Malheureusement, les coûts de construction imputés à ce système de péage sont difficilement quantifiables, car les phases de développement, d'élaboration et d'implantation furent confiées à la compagnie privée *IBM* à la suite d'un contrat de 1 880 M de SEK, le 9 juillet 2004. Ce contrat couvrait également les frais encourus pour la gestion quotidienne du péage durant les sept mois du projet-pilote. Il est toutefois possible de procéder à diverses estimations afin de déterminer la répartition probable des coûts à l'intérieur de ce contrat afin d'identifier la part relative aux coûts de construction du système. Les coûts mensuels d'exploitation furent initialement estimés à environ 25 M de SEK, mais des économies furent générées durant le projet-pilote si bien que l'estimation officielle tend plutôt vers une valeur de 17,5 M de SEK (Prud'homme & Kopp, 2006). Ce montant est toutefois décrit comme étant une valeur minimale utilisée pour la renégociation du contrat par l'*Administration suédoise des routes*. L'étude de Prud'homme & Kopp (2006) utilise plutôt la valeur moyenne de 20 M de SEK lors de l'évaluation des coûts du projet et cette valeur sera également retenue pour l'étude actuelle.

Néanmoins, une infime part des coûts peuvent être associés à des administrations publiques telles que l'*Administration suédoise des routes* au niveau de certains coûts

d'infrastructure (94 M de SEK), de l'autorité suédoise responsable des démarches légales (15 M de SEK) et de l'agence suédoise responsable de la gestion des taxes (24 M de SEK) (Transek AB, 2006). De plus, la municipalité de Stockholm a assumé divers coûts liés à l'information du public pour un montant de 80 M de SEK (Prud'homme & Kopp, 2006).

Le contrat accordé à *IBM* consistait à fournir une solution clé en main dans un intervalle de 11 mois pour le déploiement, mais également pour la gestion du système de péage. Le projet comptait sur une équipe totale d'environ 4 000 personnes en incluant tous les partenaires dont 200 personnes relevaient directement de la société *IBM* pour les phases de développement et de mise en place du système (Mechling, Borge, & Matusov, 2008). Les composantes principales de cette technologie furent réalisées sous le format ouvert ou libre afin de faciliter l'échange et le développement futur et consistent en cinq catégories :

1. Les équipements en bordure de route traitant l'information acheminée par le système de lecture et d'identification des plaques d'immatriculation. Le système comporte également une interface afin de colliger l'information des transpondeurs qui furent utilisés durant la phase d'expérimentation, mais éliminés par la suite lors de l'implantation permanente.
2. Un système de traitement qui utilise l'information amassée afin de générer une liste de clients à facturer en effectuant une seconde vérification de la plaque d'immatriculation du véhicule. En cas d'échec, l'image est transmise au centre de contrôle pour un traitement manuel. Deux opérateurs identifient indépendamment le numéro de plaque du véhicule et en cas de disparité, un troisième opérateur tranche sur la décision à appliquer. Le système prend également en charge la liste d'exemptions mise à jour sur une base quotidienne par l'autorité suédoise responsable du registre.
3. Une plateforme d'affaires afin de concilier l'information sur les paiements, les rappels et les rapports quotidiens.
4. Un portail internet avec une version grand public et un intranet pour le service à la clientèle.

5. Un centre d'appel pour le service à la clientèle où les utilisateurs peuvent logger des demandes, des plaintes ou demander de l'information sur les paiements. Ce centre comportait initialement 500 représentants et traitait 10 000 demandes quotidiennes, mais fut réduit graduellement à la suite de la diminution du volume d'appels à seulement 60 agents. L'information transmise par *IBM* devait être neutre et elle ne pouvait en aucun cas faire la promotion du péage.

Les coûts de construction peuvent donc être estimés comme étant le coût du contrat signé avec *IBM* (1 880 M de SEK) duquel on soustrait les charges d'exploitation durant sept mois ( $7 \times 20$  M de SEK) tout en ajoutant les investissements additionnels d'infrastructures (94 M de SEK), ce qui donne des coûts d'implantation de 1 830 M de SEK<sup>20</sup>. Les montants affectés aux différentes composantes énumérées précédemment ne peuvent toutefois être catégorisés, car il n'existe aucune information à ce sujet. Il convient également de mentionner que ces coûts d'implantation sont manifestement supérieurs aux coûts qui pourraient prévaloir dans la région montréalaise. En effet, le caractère particulier de mise en œuvre du projet dans une période de temps aussi courte et avec une obligation de résultat instantanée due au projet-pilote à durée déterminée a inévitablement fait accroître les dépenses initiales. De plus, l'utilisation de la technologie liée aux transpondeurs qui fut par la suite éliminée sauf dans le cadre restreint des résidents bénéficiant d'une exemption sur une des îles de la région suppose une surestimation des coûts. Aussi, il est judicieux de supposer que certains coûts sont fixes, peu importe la taille de la zone de perception tels que le développement du logiciel de perception ou les différentes plateformes de communication. Enfin, une autre possibilité liée à la surestimation des coûts résulte en la présence de certaines économies d'échelle dans l'implantation d'un système d'une taille comparable au projet montréalais.

Néanmoins, la solution retenue dans le cadre de cette étude est d'imputer un coût d'implantation par voie de circulation soumise au péage. Le système de la ville de

---

<sup>20</sup> Une autre analyse avantages-coûts (Transek AB, 2006) évalue plutôt les investissements initiaux avant le début des opérations à 1 050 M de SEK et les coûts totaux du projet-pilote à 2 000 M de SEK. En soustrayant les dépenses d'opération évaluées à 220 M de SEK annuellement, on obtient sensiblement la même valeur.

Stockholm est composé d'un réseau de caméras disséminées à 18 emplacements à travers la ville qui scrute 80 voies de circulation au total (Toll Roads News, 2007). Le coût d'une voie de circulation est alors de 22,875 M de SEK. Cette somme correspond toutefois à des couronnes suédoises de 2004 qui devront être converties en dollars canadiens de 2003. L'inflation suédoise entre janvier 2003 et juillet 2004 est évaluée à 2,9 % (Statistiska centralbyrån, 2010) ce qui donne une valeur de 22,2 M de SEK.

Le premier scénario d'implantation dénombre 38 emplacements différents comprenant 68 voies de circulation<sup>21</sup> ce qui totalise une dépense équivalant à 1 511,7 M de SEK. La conversion de cette valeur en dollars canadiens totalise 212,4 M\$. Le deuxième scénario d'implantation dénombre 59 emplacements différents représentant 104 voies de circulation ce qui symbolise une dépense équivalant à 2 312,0 M de SEK ou à 324,8 M\$. Les mises en garde formulées précédemment permettent toutefois de supposer un délai d'implantation d'environ un an et une efficacité exemplaire à partir du jour un du projet. Ces constats minimisent ainsi les frais d'exploitation subséquents, objectif principal avancé pour justifier le choix de cette technologie de perception dans le cadre d'un péage de financement.

### **5.2.2 Les coûts d'exploitation**

Les coûts d'exploitation estimés par Prud'homme & Kopp (2006) sont de 20 M de SEK par mois soit une dépense annuelle de 240 M de SEK. L'étude d'Eliasson (2008) évalue plutôt les coûts d'exploitation à 220 M de SEK annuellement en comptabilisant les dépenses nécessaires à l'entretien et au renouvellement du matériel technologique. Toutefois, une partie des coûts d'exploitation pourrait être évitée dans le cadre du projet montréalais comparativement à celui de Stockholm, car ce dernier exige de nombreuses contraintes au niveau de la facturation. En effet, une étude avantages-coûts réalisée à la suite de l'expérimentation du péage (Transek AB, 2006) identifie quatre axes d'inefficacité liés au traitement quotidien.

---

<sup>21</sup> La liste complète des points de passage est détaillée en Annexe II.

Premièrement, la nécessité de traiter indépendamment chaque journée plutôt que d'accumuler les transactions effectuées par un véhicule durant une période de facturation complète (p. ex. un terme mensuel) augmente substantiellement le nombre d'opérations nécessaires. Deuxièmement, l'obligation imposée par les conditions et modes de paiement de devoir traiter le jour même les transactions réalisées dans la journée. Troisièmement, les coûts administratifs relativement élevés pour les transactions effectuées aux stations-service et dépanneurs *7-Eleven* et *Pressbyrån* de la ville comparativement aux autres modes de paiement. Enfin, l'exonération accordée aux déplacements en provenance et à destination de l'île de Lidingö impose une reconnaissance exemplaire des véhicules franchissant les points de passage afin de ne pas omettre l'exemption. Ces contraintes opérationnelles propres au modèle suédois se traduisent inévitablement par une surestimation des coûts lors de la transposition au contexte montréalais. Néanmoins, ce rapport utilise l'évaluation la plus prudente de 240 M de SEK afin d'effectuer les manipulations subséquentes.

La première étape consiste à convertir les coûts nominaux en prix de référence. Malheureusement, la catégorisation des différentes composantes impliquées dans le calcul des coûts d'exploitation n'est pas détaillée, car la gestion des opérations est confiée à la société *IBM* grâce à un contrat renouvelable sur une base annuelle. La société *IBM* est rétribuée à hauteur fixe de 116 M de SEK annuellement et est compensée sur une base variable en fonction du volume d'utilisateurs du système (Mechling, Borge, & Matusov, 2008). Ne disposant pas d'information sur le nombre d'employés ou le salaire versé à ces derniers, il est impossible de calculer le coût social de la main-d'œuvre. Cette étude supposera alors que le taux de chômage dans les emplois impliqués (service à la clientèle, entretien et réparation, ingénierie, finance, administration, technologies de l'information) est faible afin que le coût d'opportunité de la main-d'œuvre représente également son coût nominal. Cette hypothèse n'engendrera aucune disparité considérable, car les coûts liés à la main-d'œuvre de projets similaires sont généralement une composante négligeable des coûts d'exploitation. En effet, selon le détail des dépenses dévoilées par l'autorité responsable du péage de l'autoroute E-470 au Colorado, ces coûts ne représentaient qu'environ 17,5 % de l'ensemble des coûts d'exploitation (E-470 Public Highway

Authority, 2010)<sup>22</sup>. En supposant une répartition prudente de 20 % des coûts de main-d'œuvre, la somme associée à cette catégorie représente 48 M de SEK par année dans le cadre du projet suédois.

Les composantes résiduelles peuvent être associées à des dépenses dans les domaines technologique, administratif et financier et représentent 192 M de SEK. Ces coûts doivent toutefois être amputés de toutes taxes afin de refléter les prix de référence de ces catégories, car une taxe équivaut à un transfert de richesse. Néanmoins, le système de taxation est extrêmement complexe en Suède comportant trois niveaux de taxation sur la valeur ajoutée (TVA) de 6 %, 12 % et 25 % (Skatteverket, 2010). Dans les trois domaines mentionnés précédemment, la taxe applicable semble majoritairement appartenir à la tranche supérieure de 25 % et cela représente la tarification qui sera retenue. Les coûts sociaux de ces trois catégories se chiffrent alors à 144 M de SEK.

Les coûts sociaux d'exploitation totalisent ainsi 192 M de SEK annuellement pour un achalandage quotidien d'environ 329 000 passages au printemps 2006 (Prud'homme & Kopp, 2006). Afin de convertir ces valeurs en termes annuels, le facteur d'équivalence retenu est de 240 jours de perception (Transek AB, 2006). Le volume annuel est ainsi évalué à 78,96 millions de passages ce qui se solde par un coût d'exploitation unitaire de 2,43 SEK ou 0,34 \$<sup>23</sup>. Cette valeur correspond à des couronnes suédoises de 2006 que l'on doit convertir en dollars canadiens de 2003. L'inflation suédoise entre 2003 et 2006 fut de 6,12 % (Statistiska centralbyrån, 2010) ce qui donne une valeur unitaire de 2,29 SEK ou 0,32 \$.

L'estimation des coûts d'exploitation dans le contexte montréalais exige une évaluation de l'achalandage annuel pour chacun des scénarios de perception. Les modèles de prévision développés précédemment affichent un volume de transaction au cours de la première année de fonctionnement de 33 856 732 (67 713 464 allers-retours) pour le premier scénario et de 58 721 916 (117 443 832 allers-retours) pour le second scénario. Ces

<sup>22</sup> Le système en place sur cette autoroute utilise toutefois un système hybride de transpondeurs et de LAPI.

<sup>23</sup> Ces coûts sont relativement élevés comparativement aux coûts d'exploitation du système mis en place à Oslo. Dans cette ville, l'achalandage annuel est d'environ 90 millions de passages, mais les coûts ne sont que de 145 M de SEK, soit un coût d'exploitation unitaire de 1,61 SEK ou 0,23 \$ (Transek AB, 2006).

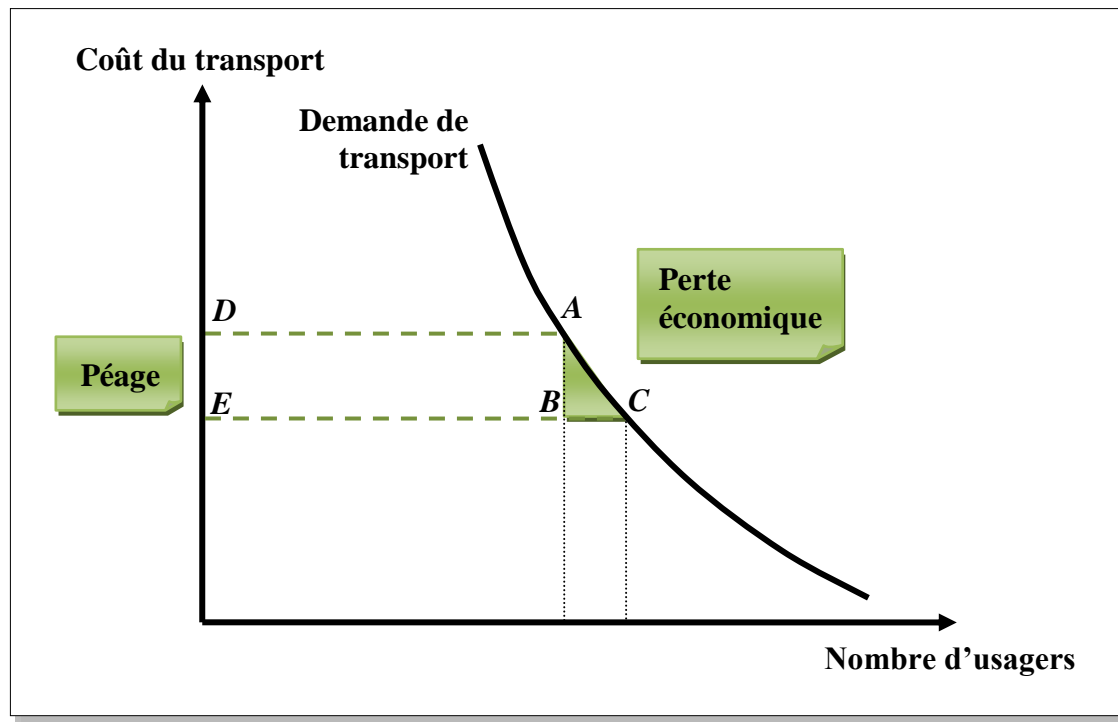
capacités se transposent en des coûts d'exploitation de 10 834 154,25 \$ et 18 791 013,06 \$ respectivement.

### 5.2.3 La perte de surplus des usagers évincés

La mise en place d'un projet de péage modifie substantiellement le comportement des agents économiques, car cette situation se traduit par une augmentation de leur coût de déplacement. Les usagers détenant des valeurs de temps élevées poursuivront l'utilisation du réseau routier indépendamment du déboursé supplémentaire tandis que les usagers n'ayant aucune volonté de payer devront se tourner vers de nouvelles options. La théorie économique considère que ce deuxième type d'usagers subit un préjudice qui correspond à un coût économique.

L'imposition d'un péage d'un montant  $AB$  occasionne une diminution du nombre d'usagers de  $Q_0$  à  $Q^*$  telle que représentée à la Figure 6. Ce changement de comportement entraîne une perte de surplus du consommateur représentée par la surface  $DACE$ . Toutefois, le montant amassé par le péage et qui correspond au rectangle  $DABE$  ne fait pas partie du calcul du coût économique. En effet, cette surface représente une perte de surplus du consommateur pour les usagers utilisant le péage, mais à une rente supplémentaire pour les instigateurs du projet. Cette surface est exactement égale dans les deux situations ce qui crée une situation où l'avantage des producteurs compense le désavantage des consommateurs. Néanmoins, le triangle  $ABC$  n'est pas inclus dans la rente supplémentaire accaparée par les producteurs et correspond à la perte sèche subie par l'imposition du péage pour les anciens utilisateurs qui se tournent vers de nouvelles options. Le calcul de cette perte économique est effectué en mesurant la diminution du nombre d'usagers en réponse à l'imposition du péage et en multipliant cette valeur par le péage acquitté.

Figure 6 : Perte de surplus des usagers évincés



Les modélisations effectuées précédemment concluent que l'implantation du projet montréalais se traduit par une diminution annuelle de 12 701 775 utilisateurs pour le premier scénario de perception et de 24 608 214 utilisateurs pour le second scénario. Le péage moyen qui aurait été acquitté par ces utilisateurs se chiffre à 3,87 \$ et 3,74 \$ respectivement. Le montant correspondant à la perte sèche subie par ces usagers totalise alors 24 594 615,29 \$ pour le premier scénario et 46 084 652,84 \$ pour le second scénario.

#### 5.2.4 Le coût social du transport en commun

L'implantation d'un péage génère inévitablement une pression supplémentaire sur le réseau de transport collectif, car il s'agit d'un substitut au transport automobile. Cette étude pose deux hypothèses déterminantes concernant ce marché secondaire. En premier lieu, les variations de prix et de la demande sur le marché primaire n'affectent aucunement la tarification en vigueur pour le transport en commun. En second lieu, le marché secondaire est inefficace, car son coût marginal social est différent du prix acquitté par les consommateurs. En effet, la somme déboursée par les usagers ne représente pas le coût réel



lié à la provision du service, car une portion considérable du financement provient de subventions des autorités publiques.

La comptabilisation de ce fardeau fiscal exige de définir préalablement trois concepts fondamentaux : le montant déboursé par les nouveaux utilisateurs, la part du financement attribuable aux subventions et le nombre de nouveaux utilisateurs des transports collectifs. Premièrement, cette étude pose l'hypothèse que les nouveaux utilisateurs feront l'acquisition d'une carte mensuelle de transport en commun de type TRAM à tarif régulier. L'attribution du titre approprié est déterminée en fonction du domicile du nouvel utilisateur et de la couverture désignée pour atteindre les zones de péage.

Tableau 17 : Tarifs métropolitains du transport collectif

<b>Zone</b>	<b>Tarif ordinaire</b>
1	55,00 \$
2	65,00 \$
3	81,50 \$
4	95,50 \$
5	113,00 \$
6	135,00 \$
7	158,00 \$
8	179,00 \$

Source : AMT (2003, p. 20)

Deuxièmement, une étude récente (Doyon, 2009) révèle que le taux moyen de subvention des sociétés de transport en commun de la région métropolitaine de Montréal est d'environ 60 %. Troisièmement, l'augmentation du nombre d'usagers fut soumise à une segmentation en deux périodes afin de refléter la différence d'achalandage entre la période estivale et le reste de l'année<sup>24</sup>. Ces nouveaux utilisateurs ne représentent toutefois qu'une

---

<sup>24</sup> Cette discrimination repose sur les hypothèses d'annualisation formulées précédemment concernant les étudiants (voir section 4.4.2 Annualisation des données, page 41). Cette étude pose l'hypothèse que les étudiants sont présents dix mois par année sur les routes de la région.

fraction du total des usagers évincés. En effet, une revue de la littérature sur le sujet (Litman, 2010) révèle qu'une proportion variant entre 20 % et 60 % des usagers évincés opte habituellement pour le transport collectif. La solution retenue dans le cadre de ce rapport est d'utiliser la valeur médiane de 40 % et d'effectuer une analyse de sensibilité afin de déterminer si un report modal plus important altère les conclusions de l'analyse économique. Les résultats des différentes modélisations indiquent que respectivement 31 854 et 62 450 nouveaux utilisateurs adopteront mensuellement le transport en commun pour les deux scénarios de perception durant l'année scolaire. Ces prévisions sont majorées à 29 055 et 56 530 nouveaux utilisateurs mensuellement pour les deux scénarios de perception durant la période estivale.

La situation sur le marché secondaire est illustrée graphiquement à la Figure 7. La distorsion évoquée précédemment est représentée par l'écart entre le coût marginal privé  $p_{privé}$  et le coût marginal social  $p_{social}$ . Initialement, la demande pour le transport en commun se situe au niveau  $Q_0$ . En réponse à l'implantation du péage, la demande augmente à  $Q^*$ . Ce résultat semble démontrer une augmentation du surplus du consommateur représentée par la surface  $ADFE$ , mais cette conclusion est erronée. En effet, la variation de la demande dans le marché secondaire provient de la variation de prix dans le marché primaire. En outre, le prix du transport en commun demeure inchangé. L'impact lié à la variation de la demande est donc entièrement mesuré par la diminution du surplus du consommateur dans le marché du transport automobile (la surface  $ABC$  de la Figure 6). La comptabilisation de la surface  $ADFE$  dans le marché secondaire correspondrait alors à un double comptage.

Néanmoins, la présence de distorsions sur le marché secondaire nécessite l'intégration d'un coût supplémentaire qui n'est pas mesuré par la perte sèche dans le marché primaire. Ce coût est représenté par la surface  $ABCD$  et correspond au coût social imposé par les nouveaux utilisateurs des transports publics. Les résultats des simulations précédentes indiquent que le coût mensuel moyen déboursé par les nouveaux utilisateurs est de 66,31 \$ durant l'année scolaire et de 66,19 \$ durant la période estivale pour le premier scénario de perception. Les valeurs correspondantes pour le deuxième scénario de perception s'établissent à 65,74 \$ et à 65,28 \$. Ces valeurs se transposent en des

subventions mensuelles moyennes de 39,79 \$ et 39,71 \$ par usager pour le premier scénario et de 39,45 \$ et 39,17 \$ pour le deuxième scénario. Le coût annuel assumé par les contribuables québécois s'élève alors à 14 981 551,73 \$ pour le premier scénario et à 29 061 244,71 \$ pour le second scénario.

Figure 7 : Coût social du transport en commun

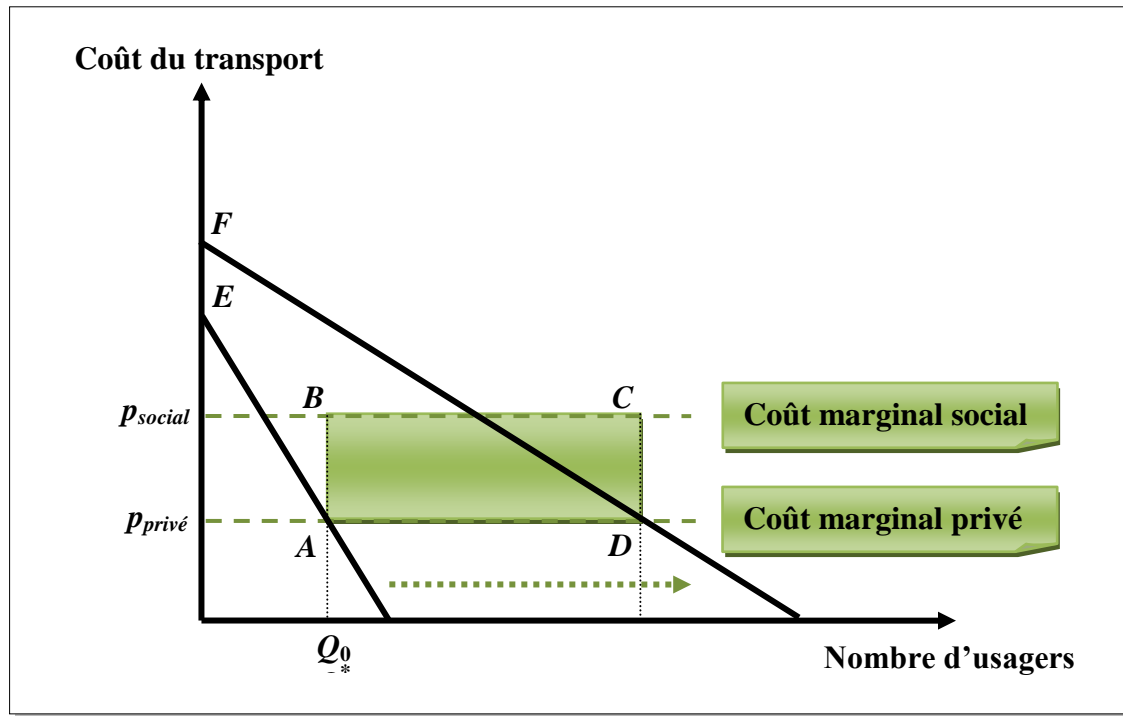


Tableau 18 : Coûts économiques nominaux – Scénario 1

Année	Investissement	Coûts d'exploitation	Utilisateurs évincés	Coût social du TC
2003	212 400 000,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
2004	0,00 \$	10 834 154,25 \$	24 594 615,29 \$	14 981 551,73 \$
2005	0,00 \$	10 915 488,92 \$	24 789 552,33 \$	15 100 444,28 \$
2006	0,00 \$	10 997 441,53 \$	24 986 044,69 \$	15 220 286,78 \$
2007	0,00 \$	11 064 612,94 \$	25 153 318,52 \$	15 322 551,36 \$
2008	0,00 \$	11 132 208,87 \$	25 321 734,54 \$	15 425 517,12 \$
2009	0,00 \$	11 200 232,08 \$	25 491 300,70 \$	15 529 188,94 \$
2010	0,00 \$	11 268 685,35 \$	25 662 024,94 \$	15 633 571,73 \$
2011	0,00 \$	11 337 571,48 \$	25 833 915,32 \$	15 738 670,45 \$
2012	0,00 \$	11 385 817,99 \$	25 967 325,40 \$	15 821 307,53 \$
2013	0,00 \$	11 434 325,37 \$	26 101 570,58 \$	15 904 470,82 \$
<b>Total net</b>	<b>212 400 000,00 \$</b>	<b>111 570 538,78 \$</b>	<b>253 901 402,30 \$</b>	<b>154 677 560,74 \$</b>

Tableau 19 : Coûts économiques nominaux – Scénario 2

Année	Investissement	Coûts d'exploitation	Utilisateurs évincés	Coût social du TC
2003	324 800 000,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
2004	0,00 \$	18 791 013,06 \$	46 084 652,84 \$	29 061 244,71 \$
2005	0,00 \$	18 931 674,95 \$	46 449 752,26 \$	29 291 703,05 \$
2006	0,00 \$	19 073 402,54 \$	46 817 764,37 \$	29 524 001,92 \$
2007	0,00 \$	19 189 409,27 \$	47 131 866,96 \$	29 722 559,91 \$
2008	0,00 \$	19 306 146,46 \$	47 448 121,45 \$	29 922 481,82 \$
2009	0,00 \$	19 423 618,85 \$	47 766 542,83 \$	30 123 777,18 \$
2010	0,00 \$	19 541 831,21 \$	48 087 146,20 \$	30 326 455,58 \$
2011	0,00 \$	19 660 788,34 \$	48 409 946,74 \$	30 530 526,68 \$
2012	0,00 \$	19 744 231,24 \$	48 666 167,67 \$	30 693 609,36 \$
2013	0,00 \$	19 828 125,21 \$	48 924 032,64 \$	30 857 748,14 \$
<b>Total net</b>	<b>324 800 000,00 \$</b>	<b>193 490 241,13 \$</b>	<b>475 785 993,95 \$</b>	<b>300 054 108,35 \$</b>

### 5.3 Les externalités

La mise en place d'un péage de financement ne vise aucun objectif de réduction de la congestion ou de la pollution à priori. Toutefois, l'augmentation du coût généralisé de

transport occasionne des effets collatéraux suite à la diminution de la fréquentation routière. Cette situation se traduit par des externalités positives qui ne sont pas comptabilisés par les avantages ou les coûts du projet mais qui bénéficient à l'ensemble de la collectivité québécoise. En effet, la diminution du nombre de véhicules sur les routes de la région génère des gains marginaux au niveau de la santé, de la sécurité et de l'environnement.

### 5.3.1 La réduction des accidents

L'implantation de la tarification routière dans la région de Montréal provoquera une diminution de l'achalandage sur le réseau routier telle que détaillée précédemment. Cette situation permet de supposer que la prévalence des accidents diminuera également sur les routes de la région. Considérant que les accidents imposent des coûts économiques importants à l'ensemble de la société, il est primordial de monétiser cette externalité afin d'effectuer une analyse judicieuse de l'impact de la tarification routière.

Une étude exhaustive commandée par la *Société de l'assurance automobile du Québec* (Gaudry, Fournier, & Simard, 1995) conclut que le nombre d'accidents sur un vaste territoire et durant une période de temps assez longue présente des particularités lourdes permettant d'estimer l'incidence au niveau global. En effet, cette étude démontre l'existence d'un lien de causalité très élevé entre le nombre de kilomètres parcourus et le nombre d'accidents observés. Les résultats obtenus évaluent que pour une hausse de 10 % du kilométrage parcouru, *ceteris paribus*, la prévalence des accidents avec dommages matériels seulement augmente de 6 %, les accidents avec blessés de 8 % et les accidents mortels de 7,5 %. Selon une étude du *Victoria Transport Policy Institute* (Litman, 2008), la probabilité d'être victime d'un accident de la route<sup>25</sup> est d'une sur 282 319 kilomètres parcourus et la probabilité liée à un accident avec dommages corporels est d'une pour 1 244 820 kilomètres parcourus.

La *Société de l'assurance automobile du Québec* compile des données annuelles sur le nombre d'incidents survenus sur l'ensemble de son réseau routier. Au cours de l'année

---

<sup>25</sup> L'étude utilise des données compilées par les assureurs de la Colombie-Britannique pour l'année 1997 et ajustées pour tenir compte des incidents non répertoriés.

2003, la société québécoise enregistra 569 accidents mortels, 4 716 accidents graves et 34 981 accidents avec blessés légers pour un total de 40 266 accidents avec dommages corporels (SAAQ, 2003). De plus, on dénombrait pour cette même année 101 419 accidents impliquant seulement des dommages matériels. La distribution de chacun des types d'accident est donc de 0,40 % avec décès, 3,33 % avec blessés graves, 24,69 % avec blessés légers et 71,58 % avec dommages matériels seulement.

La détermination de la valeur à imputer à chacune des catégories d'accident provoque un malaise considérable dans la communauté économique. En effet, deux orientations diamétralement opposées s'affrontent afin de mesurer la valeur d'une vie humaine, à savoir la méthode du capital humain ou la méthode de la disposition à payer. La première technique s'appuie sur le principe que la valeur d'une vie humaine correspond à la production perdue à la suite du décès de l'individu amputée de la consommation potentielle que ce dernier aurait effectuée. La seconde méthode se base sur la valeur que la société est prête à déboursier pour éviter ce décès. Le *Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport* du *Ministère des Transports du Québec* (Ferland, 2007) suggère d'utiliser la méthode de la disposition à payer, mais recommande de faire une analyse de sensibilité en utilisant la méthode du capital humain. Le tableau suivant illustre les valeurs retenues par les deux méthodes d'analyse.

Tableau 20 : Coûts moyens des accidents selon la gravité

	Méthode de la disposition à payer	Méthode du capital humain
Mortels	3 467 055 \$	553 477 \$
Avec blessés graves	521 653 \$	150 546 \$
Avec blessés légers	67 910 \$	18 550 \$
Avec dommages matériels seulement	S.O. <sup>A</sup>	11 562 \$

**A** : Pour les accidents avec dommages matériels seulement, la valeur à utiliser est celle de la méthode du capital humain.

Source : Ferland (2007) et actualisation en dollars canadiens de 2003

L'implantation du péage dans le paysage montréalais se traduit par une diminution de la distance totale parcourue par les automobilistes de 225 390 750 km annuellement pour le premier scénario et de 471 475 845 km pour le second scénario. Cet état de fait se transpose en une diminution de 798 et 1 670 accidents avec dommages matériels uniquement et de 181 et 379 accidents avec blessures corporelles respectivement.

### **5.3.2 La réduction de la pollution**

La réduction du nombre de véhicules en circulation à la suite de l'implantation du péage génère des bénéfices importants au niveau de l'environnement qui peuvent être segmentés en deux catégories. Premièrement, les automobilistes évincés du réseau routier se tournent généralement vers des options de déplacement beaucoup moins polluantes que l'automobile telles que le covoiturage, les transports collectifs ou actifs ou procèdent à une réévaluation de leur déplacement. Deuxièmement, la réduction du temps de congestion et l'augmentation généralisée du débit de la circulation en période de pointe occasionnent également des gains environnementaux considérables.

Le nombre d'études abordant ces thèmes a littéralement explosé durant les dernières années dans la foulée des débats sur l'impact anthropogénique sur les changements climatiques. Néanmoins, l'évaluation du coût de la pollution dans le domaine des transports se bute à de nombreux écueils liés à la multiplicité des domaines scientifiques impliqués, à l'impact géographique variable des différents polluants, mais également à l'analyse d'une seule composante d'un problème beaucoup plus vaste et difficilement dissociable. Une étude française (Boiteux, 2001) s'est penchée sur cette épineuse problématique et a procédé à une exhaustive revue de la littérature afin d'estimer les valeurs à utiliser lors d'analyses économiques dans le domaine des transports. L'approche suggérée repose sur une analyse des sources d'émissions polluantes et de leur dispersion sur le territoire à l'étude afin de procéder à la quantification de l'impact sur l'environnement. Cette méthode permet de déterminer le coût marginal de la pollution, c'est-à-dire le coût supplémentaire engendré par l'augmentation (ou la diminution) d'un kilomètre parcouru par une voiture.

Toutefois, la détermination de la valeur des impacts environnementaux se heurte à un problème analogue à celui détaillé précédemment dans le cadre des accidents de la route. En effet, il existe trois méthodes différentes pour estimer les coûts associés à cette externalité. La première méthode consiste à comptabiliser les dommages causés par la pollution (p. ex. frais médicaux, pertes de production ou coûts supplémentaires d'entretien). La deuxième méthode s'appuie sur les préférences révélées des agents économiques (p. ex. pertes de valeur des logements exposés sur le marché immobilier) alors que la troisième méthode est fondée sur les préférences déclarées (p. ex. pertes de qualité de vie dues à des problèmes de santé). Enfin, l'effet le plus dévastateur de la pollution résulte en la prévalence de décès prématurés à la suite d'une exposition prolongée à la pollution et affecte généralement les personnes les plus vulnérables de la société. La comptabilisation de cet effet est donc confrontée au problème soulevé précédemment par l'estimation de la valeur d'une vie humaine. Les valeurs avancées dans ce rapport doivent donc être considérées en fonction des limites imposées par l'estimation de cette composante.

Les valeurs proposées par l'étude de Boiteux (2001) se divisent en trois catégories distinctes selon la densité du territoire à l'étude : urbains denses, urbains diffus et rase campagne. Les barèmes de l'étude attribuent le qualificatif urbain dense aux régions de plus de 489 habitants/km<sup>2</sup> ce qui correspond à la situation montréalaise avec une densité de 874,9 habitants/km<sup>2</sup>.

Tableau 21 : Coûts marginaux de la pollution des zones urbaines denses

Véhicule personnel	Véhicule lourd	Autobus
0,031 € (0,043 \$)/km	0,306 € (0,418 \$)/km	0,270 € (0,369 \$)/km

Source : Boiteux (2001) et compilation manuelle

La mise en application du péage montréalais permet d'éviter 225 390 750 km annuellement pour le premier scénario et de 471 475 845 km pour le second scénario. Cette variation se traduit par une réduction substantielle de la pollution générée par les voitures retirées de la circulation de l'ordre de 9 691 802,25 \$ et 20 273 461,33 \$ respectivement.



Tableau 22 : Externalités économiques nominales – Scénario 1

Année	Réduction des accidents	Réduction de la pollution
2003	0,00 \$	0,00 \$
2004	39 845 841,76 \$	9 691 802,25 \$
2005	38 075 317,21 \$	9 261 153,20 \$
2006	36 291 290,67 \$	8 827 220,03 \$
2007	34 825 193,39 \$	8 470 617,58 \$
2008	33 349 773,23 \$	8 111 747,50 \$
2009	31 864 969,19 \$	7 750 594,95 \$
2010	30 370 719,86 \$	7 387 145,01 \$
2011	28 866 963,43 \$	7 021 382,63 \$
2012	27 808 130,00 \$	6 763 839,96 \$
2013	26 743 504,05 \$	6 504 888,37 \$
<b>Total net</b>	<b>328 041 702,80 \$</b>	<b>79 790 391,48 \$</b>

Tableau 23 : Externalités économiques nominales – Scénario 2

Année	Réduction des accidents	Réduction de la pollution
2003	0,00 \$	0,00 \$
2004	83 350 145,98 \$	20 273 461,33 \$
2005	80 158 998,05 \$	19 497 270,56 \$
2006	76 943 519,98 \$	18 715 161,91 \$
2007	74 297 759,46 \$	18 071 627,06 \$
2008	71 635 150,50 \$	17 423 994,12 \$
2009	68 955 582,64 \$	16 772 236,23 \$
2010	66 258 944,72 \$	16 116 326,35 \$
2011	63 545 124,80 \$	15 456 237,24 \$
2012	61 608 256,52 \$	14 985 128,00 \$
2013	59 660 612,48 \$	14 511 397,74 \$
<b>Total net</b>	<b>706 414 095,14 \$</b>	<b>171 822 840,55 \$</b>

## **5.4 La valeur résiduelle**

L'horizon temporel du projet fut désigné en fonction de la durée de vie moyenne du matériel, des infrastructures et de la technologie de perception utilisée dans les projets de péage (U.S. Department of Transportation, 2010). Incidemment, cette décision entraîne une valeur résiduelle nulle à l'échéance du projet.

## 6 - La valeur actuelle nette des projets

L'analyse économique effectuée dans la partie précédente témoigne des résultats suivants (en dollars de 2003) :

Tableau 24 : Valeur actuelle nette économique des deux projets

	Scénario 1	Scénario 2
Avantages économiques actualisés	712 976 250,48 \$	1 319 187 218,90 \$
Coûts économiques actualisés	(559 991 098,98 \$)	(972 547 740,32 \$)
Externalités économiques actualisées	281 390 103,54 \$	603 272 310,57 \$
<b>VAN économique</b>	<b>434 375 255,03 \$</b>	<b>949 911 789,14 \$</b>

Ces résultats affichent des attributs considérablement avantageux pour chacun des scénarios de perception envisagés. Néanmoins, la valeur actuelle nette économique du second scénario est plus du double de la valeur mesurée pour le premier scénario au taux d'actualisation social de 8 %. Cet état de fait implique une préférence envers une zone de perception couvrant une superficie étendue dans le contexte montréalais.

En outre, l'analyse financière des deux scénarios témoigne d'un investissement très lucratif pour les autorités. En effet, les profits générés au cours de la première année d'exploitation du péage se chiffrent à 117,2 M\$ et 189,9 M\$ respectivement. Sous l'hypothèse d'un amortissement linéaire de l'investissement initial, les profits s'élèvent respectivement à 97,9 M\$ et 160,4 M\$. Enfin, il est primordial de mentionner que ces sommes excluent les revenus générés par les véhicules lourds qui furent omis de l'analyse.

Tableau 25 : Analyse financière des deux projets

	Scénario 1	Scénario 2
Taux de rendement interne (TRI)	55,14 %	58,54 %
Délai de récupération	2,81 années	2,70 années
<b>VAN financière</b>	<b>594 354 796,44 \$</b>	<b>982 327 388,19 \$</b>

## 7 - Analyses de sensibilité

L'analyse économique effectuée dans le cadre de ce rapport repose sur de multiples hypothèses considérées réalistes au moment de l'étude. Toutefois, indépendamment de la diligence ou de la rigueur manifestée dans l'exécution de cette tâche, certaines hypothèses peuvent présenter des estimations erronées.

### 7.1 Taux de croissance de l'achalandage

Le taux de croissance de l'achalandage est basé sur des prévisions à moyen terme de l'évolution de la démographie et de facteurs déterminants l'évolution des tendances de mobilité des habitants de la région métropolitaine. À cet égard, une estimation erronée de la croissance de l'achalandage génère un choc important au niveau des données. En effet, si la croissance est sous-estimée de 5 % annuellement (62,89 % sur la période complète de l'analyse), la valeur actuelle nette du projet admet une valeur négative dans le cadre du premier scénario de perception. Néanmoins, une erreur de prévision de cette nature implique un bouleversement substantiel des conditions de transport ou de démographie.

Tableau 26 : Variation du taux de croissance de l'achalandage

	<b>VAN – Scénario 1</b>	<b>VAN – Scénario 2</b>
- 4 %	725 105 732,64 \$	1 471 828 010,24 \$
- 3 %	658 336 801,71 \$	1 351 965 692,18 \$
- 2 %	587 777 620,72 \$	1 225 298 818,50 \$
- 1 %	513 203 052,27 \$	1 091 423 187,64 \$
	<b>434 375 255,03 \$</b>	<b>949 911 789,14 \$</b>
+ 1 %	351 043 040,12 \$	800 313 648,16 \$
+ 2 %	262 941 199,59 \$	642 152 619,71 \$
+ 3 %	169 789 806,04 \$	474 926 131,08 \$
+ 4 %	71 293 482,15 \$	298 103 870,45 \$

## 7.2 Méthode du capital humain

La détermination de la valeur à attribuer aux différents types d'incidents sur les routes présente une des critiques les plus acerbes de l'analyse avantages-coûts. Cette controverse est d'autant plus vive qu'elle représente généralement une des composantes les plus favorables des externalités positives. Devant cet état de fait, le *Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport* du Ministère des Transports du Québec (Ferland, 2007) suggère d'effectuer une analyse de sensibilité en utilisant la méthode du capital humain. Cette méthode affiche des valeurs inférieures dans chacune des catégories d'incidents. Néanmoins, malgré une abrupte diminution de la valeur actuelle nette, celle-ci demeure largement positive dans les deux scénarios de perception.

Tableau 27 : Variation de la méthode de valorisation des incidents routiers

	VAN – Scénario 1	VAN – Scénario 2
Méthode de la disposition à payer	434 375 255,03 \$	949 911 789,14 \$
Méthode du capital humain	303 223 666,99 \$	668 735 868,04 \$

## 7.3 Nouveaux utilisateurs du transport en commun

Le financement du transport collectif dans la région métropolitaine de Montréal repose majoritairement sur des contributions fiscales. Cette situation se traduit par une charge fiscale plus importante pour l'ensemble de la collectivité québécoise conséquemment à une croissance de l'achalandage. Toutefois, l'estimation du report modal est basée sur des paramètres internationaux et non sur une analyse propre à la situation montréalaise. Cette situation justifie de procéder à une analyse de sensibilité afin de déterminer les conséquences économiques liées à un report modal plus important.

Tableau 28 : Variation du report modal

<b>Report modal</b>	<b>VAN – Scénario 1</b>	<b>VAN – Scénario 2</b>
40 %	434 375 255,03 \$	949 911 789,14 \$
60 %	382 698 327,45 \$	849 666 379,75 \$
80 %	331 021 399,86 \$	749 420 970,36 \$
100 %	279 344 472,27 \$	649 175 560,97 \$
120 %	227 667 544,68 \$	548 930 151,58 \$

## 7.4 Taux d'actualisation

Le taux d'actualisation est un taux de substitution intertemporel entre le présent et le futur et sa valeur affecte grandement les résultats de la valeur actuelle nette. Le taux d'actualisation utilisé dans ce rapport est le taux actuellement recommandé qui se chiffre à 8 %. Néanmoins, le taux en vigueur pour l'année 2003 se chiffrait à 10 %. Une analyse de sensibilité est donc réalisée avec les valeurs de 10 %, 8 % et 6 % afin de déterminer si une variation de ce taux affecte les conclusions de l'analyse.

À la lumière des résultats affichés dans le tableau suivant, la VAN des deux projets augmente substantiellement en réponse à une réduction des taux. Cette modification est attribuable à la configuration des flux de trésorerie des deux scénarios de perception. En effet, un taux d'actualisation élevé accorde un poids plus important aux flux de trésorerie au cours des premières années. La nature des projets implique un investissement initial important sans la présence de revenu pour la première année ce qui occasionne cette variation importante de la VAN.

Tableau 29 : Variation du taux d'actualisation

<b>Taux d'actualisation</b>	<b>VAN – Scénario 1</b>	<b>VAN – Scénario 2</b>
10 %	381 321 637,42 \$	845 107 622,77 \$
8 %	434 375 255,03 \$	949 911 789,14 \$
6 %	495 231 191,76 \$	1 070 149 818,13 \$

## Conclusion

L'objectif de cette étude est d'étayer un argumentaire économique s'appuyant sur des données et des expériences internationales afin de répondre à l'interrogation suivante : *devrait-on instaurer un péage métropolitain dans la région montréalaise?*

La démarche retenue prend assise sur les concepts développés par l'analyse avantages-coûts et sur l'interprétation de la valeur actuelle nette découlant de cette méthode. De plus, un nombre appréciable d'hypothèses furent formulées afin de pallier un manque d'information ou de données durant la simulation des conditions de transport. Les résultats de cette analyse suggèrent la présence de surplus économiques substantiels pour les deux scénarios de perception modélisés. En effet, l'imposition d'un paiement de 4,00 \$ par entrée dans les deux zones de perception se traduit respectivement par une valeur actuelle nette de 434 375 255,03 \$ et de 949 911 789,14 \$. En outre, une modification des hypothèses liées au taux de croissance de l'achalandage, à la méthode d'attribution des dommages subis lors des incidents routiers, à la révision du nombre de nouveaux utilisateurs du transport collectif ou au taux d'actualisation utilisé ne dégrade que marginalement les valeurs antérieures.

Ces résultats justifient de s'intéresser à ce mode de financement dans le contexte montréalais. Néanmoins, une étude diligente de cette option s'enrichirait de la collaboration de disciplines connexes à l'économie afin de tracer un portrait global de la situation. En effet, l'implantation d'un péage urbain soulève des inquiétudes au niveau de la mobilité des individus et des entreprises affectés par cette nouvelle tarification. Cette modification de l'aménagement du territoire à moyen et long terme nécessite une attention particulière afin de s'assurer de prendre une décision éclairée au profit de l'ensemble de la collectivité québécoise.

## Bibliographie

- AECOM Consult inc. (2006). *International Urban Road Pricing*. Federal Highway Administration, Office of Transportation Policy Studies, Fairfax.
- Albert, G., & Mahalel, D. (2006, Novembre). Congestion tolls and parking fees: A comparison of the potential effect on travel behavior. *Transport Policy*, XIII (6), pp. 496-502.
- Allix, G. (2010, Février 18). *La France va-t-elle expérimenter le péage urbain ?* Consulté le Juin 8, 2010, sur Le Monde: [http://www.lemonde.fr/planete/article/2010/02/17/la-france-va-t-elle-experimenter-le-peage-urbain\\_1307239\\_3244.html](http://www.lemonde.fr/planete/article/2010/02/17/la-france-va-t-elle-experimenter-le-peage-urbain_1307239_3244.html)
- AMT. (2003). *Budgets 2003 et PTI 2003-2004-2005 - Annexes*. Agence métropolitaine de transport.
- Arnott, R., & Inci, E. (2006, Novembre). An Integrated Model of Downtown Parking and Traffic Congestion. *Journal of Urban Economics*, LX (3), pp. 418-442.
- Association canadienne d'éducation. (2003). *Le calendrier scolaire, 2003-2004*. Consulté le Juillet 26, 2010, sur Association canadienne d'éducation: [http://www.cea-ace.ca/media/fr/calendrier\\_scolaire\\_2003-2004.pdf](http://www.cea-ace.ca/media/fr/calendrier_scolaire_2003-2004.pdf)
- Association des transports du Canada. (2009). *Tarification routière dans le contexte urbain*. Conseil des transports urbains, Comité permanent du financement des transports, Ottawa.
- Banque du Canada. (2010). *Convertisseur de devise - taux du jour*. Récupéré sur <http://www.bankofcanada.ca/fr/taux/convertisseur.html>
- Banque du Canada. (2010). *Feuille de calcul de l'inflation - Autres - Taux et statistiques - Bank of Canada*. Retrieved Juin 22, 2010, from Banque du Canada: [http://banqueducanada.ca/fr/taux/inflation\\_calc-f.html](http://banqueducanada.ca/fr/taux/inflation_calc-f.html)
- Bisson, B. (2007, Mai 28). *Banlieusards et Montréalais favorables au péage sur les ponts*. Récupéré sur Cyberpresse: <http://monvolant.cyberpresse.ca/nouvelles/200712/02/01-2983-banlieusards-et-montrealais-favorables-au-peage-sur-les-ponts.php>



- Bisson, B. (2010, Février 9). *Les maires demandent une hausse de la taxe sur l'essence*. Récupéré sur Cyberpresse: <http://www.cyberpresse.ca/actualites/regional/montreal/201002/09/01-948056-les-maires-demandent-une-hausse-de-la-taxe-sur-lessence.php>
- Boardman, A., Greenberg, D., Vining, A., & Weimer, D. (2001). *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice* (éd. 2e édition). Prentice Hall.
- Boiteux, M. (2001). *Transports : choix des investissements et coût des nuisances*. Commissariat général du Plan.
- Booz, Allen, & Hamilton. (2003). *ACT Transport Demand Elasticities Study*. Canberra Department of Urban Services, Canberra.
- CAA. (2003). *Coût d'utilisation d'une automobile*. Ottawa: Association canadienne des automobilistes.
- Centre d'analyse stratégique. (2008). *Péage urbain: Principes pour une loi*. Paris: République française.
- Clark, A. (2005, Mars 15). *TfL axes C-charge debt collection agency*. Récupéré sur The Guardian: <http://www.guardian.co.uk/environment/2005/mar/15/londonpolitics.freedomofinformation>
- Colliers International. (2003). *North America CBD Parking Rate Survey*. Boston.
- Communauté métropolitaine de Montréal. (2010). *Indicateurs métropolitains*. Récupéré sur Observatoire Grand Montréal: <http://observatoire.cmm.qc.ca/swf/indicateursMetropolitains.php>
- Communauté métropolitaine de Montréal. (2008). *La CMM en chiffres*. Récupéré sur Communauté métropolitaine de Montréal: <http://www.cmm.qc.ca/index.php?id=266>
- Consortium de la CMM. (2008). *L'emploi local dans la région métropolitaine de Montréal*. Récupéré sur Communauté métropolitaine de Montréal: [http://cmm.qc.ca/fileadmin/user\\_upload/periodique/emploi\\_local\\_2008.pdf](http://cmm.qc.ca/fileadmin/user_upload/periodique/emploi_local_2008.pdf)
- CURACAO. (2009). *Deliverable D2: State of the Art Review (Final)*. Coordination of Urban Road User Charging and Organizational Issues, Institute for Transport Studies. Bristol: University of Leeds.

- CURACAO. (2007). *Work Package II: State of the Art Report (Draft)*. Coordination of Urban Road User Charging and Organizational Issues, Institute for Transport Studies. Bristol: University of Leeds.
- de Palma, A., Lindsey, R., & Wu, F. (2008, Septembre). Private Operators and Time-of-Day Tolling on a Congested Road Network. *Journal of Transport Economics and Policy*, XLII (3), pp. 397-433.
- Department of the Environment, Transport, and the Regions. (2000). *Breaking the Logjam. The Government's response to the consultation paper on fighting congestion and pollution through road user and workplace parking charges*. Londres: The Stationery Office.
- Dodgson, J., Young, J., & van der Veer, J. P. (2002). *Paying for road use: Technical Report*. National Economic Research Associates, Commission for Integrated Transport, London.
- Doyon, A. (2009). *Devrait-on instaurer un système de péage sur les ponts de l'Île de Montréal? - Une étude Avantages-Coûts*. Montréal: Université de Montréal.
- E-470 Public Highway Authority. (2010). *2009 Operating Budget*. Consulté le Juillet 24, 2010, sur E-470 Public Highway Authority: <http://www.e-470.com/pdf/2009%20Operating%20Budget.pdf>
- Eliasson, J. (2008, Novembre). Lessons from the Stockholm congestion charging trial. *Transport Policy*, XV (6), pp. 395-404.
- Eliasson, J., & Lundberg, M. (2002). *Road Pricing in Urban Areas*. Borlänge: Swedish National Road Administration & T&E.
- Eliasson, J., Hultkrantz, L., Nerhagen, L., & Rosqvist, L. S. (2009). The Stockholm Congestion-Charging Trial 2006: Overview of Effects. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, XLIII (3), 240-250.
- Fearnley, N., & Lian, J. I. (2005). The Oslo toll ring and infrastructure investment scheme. *European Transport Conference 2005*, (p. 17). Strasbourg.
- Feeney, B. P. (1989, Avril). A review of the impact of parking policy measures on travel demand. *Transportation Planning and Technology*, XIII (4), pp. 229-244.

- Ferland, A.-M. (2007). *Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport - Partie 3 : Paramètres*. Ministère des Transports du Québec, Service des affaires socio-économiques. Gouvernement du Québec.
- Fjellinjen AS. (2010). *Home*. Récupéré sur Fjellinjen AS: <https://www.fjellinjen.no/en>
- Gaudry, M., Fournier, F., & Simard, R. (1995). *DRAG-2 un modèle économétrique appliqué au kilométrage, aux accidents et leur gravité au Québec - Tome 5 - Synthèse des résultats*. Société de l'assurance automobile du Québec, Direction de la planification.
- Glazer, A., & Niskanen, E. (1992, Mars). Parking fees and congestion. *Regional Science and Urban Economics* , XXII (1), pp. 123-132.
- GOL. (2000). *Road Charging Options for London: a Technical Assessment*. Government Office for London, RCOL Report. Londres: The Stationery Office.
- Hau, T. D. (1992). *Economic Fundamentals of Road Pricing: A Diagrammatic Analysis*. Infrastructure and Urban Development Department, Transport Division. Washington: The World Bank.
- IBM. (2010). *Stockholm Toll System*. Récupéré sur IBM Haifa Labs: [https://www.research.ibm.com/haifa/dept/imt/dpm/success\\_stockholm.shtml](https://www.research.ibm.com/haifa/dept/imt/dpm/success_stockholm.shtml)
- Ison, S. (2000, Octobre). Local authority and academic attitudes to urban road pricing: a UK perspective. *Transport Policy* , VII (4), pp. 269-277.
- Jones, P. (1995). Road pricing. The public viewpoint. Dans B. Johansson, & L.-G. Mattsson, *Road Pricing: Theory, Empirical Assessment and Policy*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Jones, P. (1998). Urban road pricing—public acceptability and barriers to implementation. Dans K. J. Button, & E. T. Verhoef, *Road Pricing, Traffic Congestion and the Environment*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Jones, P., & Hervik, A. (1992). Restraining car traffic in European cities: An emerging role for road pricing. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* , XXVI (2), 133-145.

- K.T. Analytics, Inc. (2008). *Lessons Learned From International Experience in Congestion Pricing*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bethesda.
- Kelly, J. A., & Clinch, J. P. (2006, Novembre). Influence of varied parking tariffs on parking occupancy levels by trip purpose. *Transport Policy*, XIII (6), pp. 487-495.
- Kelly, J. A., & Clinch, J. P. (2009, Août). Temporal variance of revealed preference on-street parking price elasticity. *Transport Policy*, XVI (4), pp. 193-199.
- Knight, F. H. (1924). Some fallacies in the interpretation of social cost. *Quarterly Journal of Economics* (38), pp. 582-606.
- Land Transport Authority. (2009). *Electronic Road Pricing*. Récupéré sur Land Transport Authority: [http://www.lta.gov.sg/motoring\\_matters/index\\_motoring\\_erp.htm](http://www.lta.gov.sg/motoring_matters/index_motoring_erp.htm)
- Léger Marketing. (2007). *Opinion des Québécois quant au financement du réseau routier*. Montréal.
- Les Conseillers ADEC inc. (2009). *Évaluation des coûts de la congestion routière dans la région de Montréal pour les conditions de référence de 2003*. Récupéré sur [http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/Librairie/Publications/fr/regions/montreal/etude\\_eval\\_couts\\_congestion\\_mtl.pdf](http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/Librairie/Publications/fr/regions/montreal/etude_eval_couts_congestion_mtl.pdf)
- Litman, T. A. (2008). *Distance-Based Vehicle Insurance Feasibility, Costs and Benefits*. Victoria Transport Policy Institute, Victoria.
- Litman, T. A. (2010). *Transportation Elasticities - How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior*. Victoria Transport Policy Institute, Victoria.
- London Assembly Budget Committee. (2003). *Public Interest, Private Profit - Transport for London's Contract with Capita for the Congestion Charging Scheme*. London Assembly Budget Committee, Londres.
- Marsden, G. (2006, Novembre). The evidence base for parking policies--a review. *Transport Policy*, XIII (6), pp. 447-457.
- Martin, F. (2008). *Évaluation de projets*. Montréal: Université de Montréal.
- Mechling, J., Borge, O. W., & Matusov, A. (2008). *Congestion Pricing for Stockholm*. Harvard Kennedy School, John F. Kennedy School of Government. President and Fellows of Harvard College.

- Ministère des Transport du Québec. (2007). *Prévisions*. Consulté le Juin 10, 2010, sur Transports Québec: [http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/recherche\\_innovation/modelisation\\_systemes\\_transport/enquetes\\_origine\\_destination/montreal/previsions](http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/recherche_innovation/modelisation_systemes_transport/enquetes_origine_destination/montreal/previsions)
- Odeck, J., & Bråthen, S. (2002, Juillet). Toll financing in Norway: The success, the failures and perspectives for the future. *Transport Policy*, IX (3), pp. 253-260.
- Office of the Auditor General of Norway. (2005-2006). *Auditor General's investigation of the effectiveness of government measures in public transport - Oslo Package 2*. Office of the Auditor General of Norway, Oslo.
- Oh, J., & Sinha, K. C. (2008). *Alternatives to Fuel Tax: A State Level Perspective*. Purdue University, Joint Transportation Research Program - School of Civil Engineering. West Lafayette: Purdue Libraries.
- Paulhiac, F., & Kaufmann, V. (2006). Transports urbains à Montréal : évolutions des référentiels et enjeux d'une politique durable. *Revue d'Économie Régionale et Urbaine* (1), pp. 49-80.
- Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J., & Common, M. (2003). *Natural Ressource and Environmental Economics*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Pigou, A. C. (1920). *Wealth and Welfare*. Londres: Macmillan.
- Prud'homme, R., & Kopp, P. (2006, Septembre 7). *The Stockholm Toll : An Economic Evaluation*. Consulté le Juillet 20, 2010, sur The World Bank: <http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1153409213417/StckhlmCngstPrudhommepaper.pdf>
- RAC Foundation. (2004). *Parking in Transport Policy*. RAC Foundation. Londres: Pall Mall.
- Road Traffic Technology. (2010). *Central London Congestion Charging, United Kingdom*. Récupéré sur Road Traffic Technology: <http://www.roadtraffic-technology.com/projects/congestion/>
- RTL. (2010). *Évolution tarifaire*. Consulté le Juin 8, 2010, sur RTL: [http://www.rtl-longueuil.qc.ca/pages/ta\\_evolu.htm](http://www.rtl-longueuil.qc.ca/pages/ta_evolu.htm)

- SAAQ. (2003). *2003 en bref - Profil statistique*. Société de l'assurance automobile du Québec, Direction des communications.
- San Francisco County Transportation Authority. (2010). *Mobility, access and pricing study*. Récupéré sur <http://www.sfcta.org/content/view/302/148/>
- Santos, G., & Shaffer, B. (2004). Preliminary Results of the London Congestion Charging Scheme. *Public Works Management & Policy*, IX (2), pp. 161-181.
- Schrank, D., & Lomax, T. (2009). *2009 Urban Mobility Report*. The Texas A&M University System, Texas Transportation Institute.
- Secrétariat à l'enquête Origine-Destination. (2003). *Enquête Origine-Destination 2003 - Fichier de déplacements des personnes dans la région de Montréal*. Montréal.
- Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada. (2007). *Guide d'analyse coûts-avantages pour le Canada : Propositions de réglementation*. Ottawa: Gouvernement du Canada.
- Seik, F. T. (2000, Février). An advanced demand management instrument in urban transport: Electronic road pricing in Singapore. *Cities*, XVII (1), pp. 33-45.
- Service de la modélisation des systèmes de transport. (2007). *Déplacements des personnes dans la grande région de Montréal - Scénario prévisionnel 2026 tendanciel*. Ministère des transports du Québec, Service de la modélisation des systèmes de transport.
- Shoup, D. C. (2006, Novembre). Cruising for parking. *Transport Policy*, XIII (6), pp. 479-486.
- Skatteverket. (2010). *25, 12 ou 6 pour cent la taxe de vente?*, (Traduction libre). Consulté le Juillet 24, 2010, sur Skatteverket: <http://www.skatteverket.se/skatter/mervardesskattmoms/2512eller6moms.4.7459477810df5bccdd480005156.html>
- Société de l'assurance automobile du Québec. (2009). *Bilan 2008 : accidents, parc automobile et permis de conduire*. Société de l'assurance automobile du Québec, Direction des études et des stratégies en sécurité routière, Québec.
- Statistique Canada. (2001). *Revenu et caractéristiques socioéconomiques des particuliers, des familles et des ménages; coûts d'habitation et religion, 2001*. Consulté le Mai 20, 2010, sur Recensement de la population de 2001 (provinces, divisions de

recensement, municipalités) (base de données), E-STAT (distributeur):  
[http://estat2.statcan.gc.ca/cgi-win/cnsmcgi.exe?Lang=F&EST-Fi=EStat\Francais\SC\\_RR-fra.htm](http://estat2.statcan.gc.ca/cgi-win/cnsmcgi.exe?Lang=F&EST-Fi=EStat\Francais\SC_RR-fra.htm)

Statistique Canada. (2007, Avril 23). *Secteur de recensement - définition détaillée*. Consulté le Juin 15, 2010, sur Statistique Canada: [http://geodepot.statcan.ca/2006/180506051805140305/03150707/121514070405190318091620091514\\_06-fra.jsp?jsessionid=38A5CBC0B2DAFEAF031534900BC4A884?REFCODE=10&LANG=F&GEO\\_LEVEL=12&TYPE=L](http://geodepot.statcan.ca/2006/180506051805140305/03150707/121514070405190318091620091514_06-fra.jsp?jsessionid=38A5CBC0B2DAFEAF031534900BC4A884?REFCODE=10&LANG=F&GEO_LEVEL=12&TYPE=L)

Statistiska centralbyrån. (2010, Juillet 8). *Consumer Price Index (CPI)*. Consulté le Juillet 22, 2010, sur Statistiska centralbyrån: [http://www.scb.se/Pages/TableAndChart\\_\\_\\_\\_272152.aspx](http://www.scb.se/Pages/TableAndChart____272152.aspx)

STM. (2003). *Budget 2003*. Montréal.

Stockholmsförsöket. (2006). *Referendum on the implementation of congestion charges in the City of Stockholm*. Récupéré sur Stockholmsförsöket: <http://www.stockholmsforsoket.se/templates/page.aspx?id=10215>

Thorpe, N., Hills, P., & Jaensirisak, S. (2000, Octobre). Public attitudes to TDM measures: a comparative study. *Transport Policy*, VII (4), pp. 243-257.

Toll Roads News. (2007, Août 2). *Central toll in Stockholm restarts with IR cameras only, 700k transponders dumped*. Récupéré sur Toll Roads News: <http://www.tollroadsnews.com/node/3046>

Transek AB. (2006). *Cost-benefit analysis of the Stockholm Trial*. Consulté le Juin 17, 2010, sur Stockholmsförsöket: <http://www.stockholmsforsoket.se/upload/Sammanfattningar/English/Cost-benefit%20analysis%20of%20the%20Stockholm%20Trial%20v2.pdf>

Transport for London. (2007). *Central London Congestion Charging Scheme: ex-post evaluation of the quantified impacts of the original scheme*. TfL, Congestion Charging Modelling and Evaluation Team, London.

Transport for London. (2010). *Congestion Charging*. Récupéré sur Transport for London: <http://www.tfl.gov.uk/roadusers/congestioncharging/default.aspx>

- Transport for London. (2004). *Congestion charging: Update on scheme impacts and operations*. Londres: Transport for London.
- U.S. Department of Transportation. (2010). *Intelligent Transportation Systems*. Consulté le Juin 1, 2010, sur Research and Innovative Technology Administration: <http://www.itscosts.its.dot.gov/>
- Verhoef, E., Nijkamp, P., & Rietveld, P. (1995, Mars). The economics of regulatory parking policies: The (IM)possibilities of parking policies in traffic regulation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* , XXIX (2), pp. 141-156.
- Vickery, W. (1954). The economizing of curb parking space. *Traffic Engineering* (25), pp. 62-67.
- Ville de Montréal. (2005). *L'évolution de l'emploi à Montréal 1981-2001 - Les grands constats*. Direction de la planification stratégique, Service de la mise en valeur du territoire et du patrimoine, Montréal.
- Ville de Montréal. (2008). *Plan de Transport 2008*. Récupéré sur [https://servicesenligne2.ville.montreal.qc.ca/sel/publications/htdocs/porteaccespublication\\_Fr/porteaccespublication.jsp?systemName=31761569](https://servicesenligne2.ville.montreal.qc.ca/sel/publications/htdocs/porteaccespublication_Fr/porteaccespublication.jsp?systemName=31761569)



## Annexe I – Expériences internationales

Le premier projet contemporain de péage fut entrepris par la ville de Singapour en 1975 afin d'alléger la congestion affligeant son centre des affaires. Initialement, les automobilistes désirant pénétrer dans cette zone de 5 km<sup>2</sup> durant la période de pointe du matin (entre 7 h 30 et 9 h 30) devaient acquitter un droit de passage. Les autobus, les véhicules d'urgence, les véhicules contenant plus de 4 passagers, les taxis et les motocyclistes étaient exemptés du droit de passage. Le contrôle était effectué par des agents en poste à l'un des 28 points d'entrée de la zone. Ces derniers vérifiaient que le pare-brise du véhicule franchissant la zone était muni d'une vignette journalière ou mensuelle pouvant être achetée en de nombreux points de service tels les banques, magasins, stations-services ou à des cabines le long des routes. Les contrevenants s'exposaient à de lourdes pénalités. L'introduction du péage fut accompagnée d'une augmentation de 33 % de l'offre de service des autobus, de la mise en place de stationnements incitatifs avec service de navette vers le centre-ville et d'une diminution de 30 % des tarifs de stationnement dans la zone tarifée (K.T. Analytics, Inc., 2008). Ce programme baptisé *Area Licensing Scheme* (ALS) a connu plusieurs modifications au fil du temps, tant au niveau de la période couverte, des exemptions ou du prix de passage.

La première modification notable fut introduite peu de temps après l'implantation du péage en prolongeant de 45 minutes la période tarifée afin de combattre le report horaire. En 1989, une série de nouvelles mesures fut appliquée afin de tarifier la période de pointe du soir et d'exclure de la liste d'exemptions les taxis et les véhicules contenant plus de 4 passagers. Cette dernière transformation était attribuable au nombre grandissant d'habitants qui proposaient leur service de passager afin de permettre aux conducteurs d'entrer gratuitement dans la zone soumise au péage. En 1994, la tarification fut étendue une nouvelle fois afin de couvrir la période hors pointe du jour à un tarif réduit. Néanmoins, la modification la plus importante est survenue en 1998 avec l'introduction de la perception électronique des péages. Pionnière dans l'implantation à grande échelle de cette technologie automatisée, le système mis en place par la ville de Singapour demeure un exemple probant de réussite en matière de contrôle et de gestion électronique des droits de passage. L'adoption de cette technologie permet de tarifier les usagers selon le point de passage, la

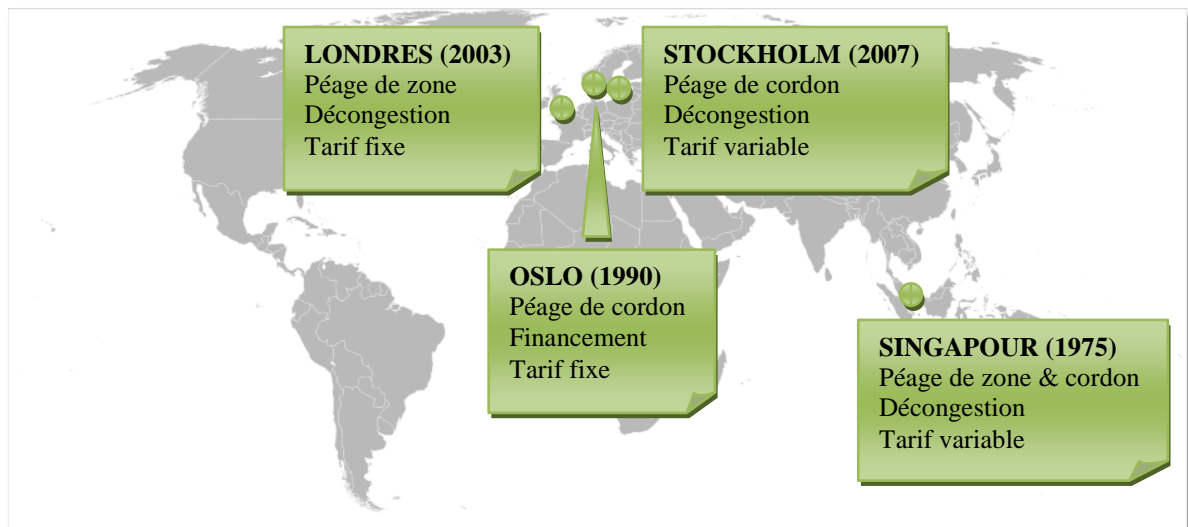
période de la journée et le type de véhicule utilisé en plus de permettre la création d'un nouveau type de tarification hybride jumelant péage de zone et de cordon.

Le deuxième projet pertinent dans le cadre de ce rapport est l'implantation d'un péage de financement dans la ville d'Oslo en 1990. La capitale norvégienne, au même titre que la plupart des grandes agglomérations du pays, est victime d'une topographie difficile qui occasionne des investissements routiers colossaux. De plus, la nature du réseau routier de la région impose invariablement aux usagers de transiter vers le centre de l'agglomération, occasionnant une congestion récurrente du centre-ville. Afin de pallier ces inconvénients, la ville d'Oslo a élaboré trois ambitieux plans de transport comportant des mesures échelonnées sur des périodes de 10 à 20 ans. L'implantation du péage vise à assurer 50 % du financement de ces programmes, le solde étant comblé par le gouvernement central. Une fois le financement de l'ensemble des projets complété, la législation norvégienne prévoit l'abolition du programme de péage. Le péage est fixe et fonctionne en tout temps, mais il consent une exemption aux conducteurs handicapés, aux motocyclistes et aux véhicules d'urgence en plus d'accorder des réductions forfaitaires aux utilisateurs des voies électroniques munis d'un transpondeur.

Le troisième projet à l'étude est l'application d'un péage de décongestion dans le centre-ville de Londres en 2003. Son principal objectif est de réduire la congestion dans la zone tarifée en incitant un transfert modal de la voiture vers le transport collectif ou actif. La particularité de ce péage de zone est son système de perception qui fonctionne grâce à un réseau excessivement étendu de caméras et qui permet aux usagers d'acquitter le droit de séjour avant, pendant ou après leur utilisation. La période tarifée s'étend du lundi au vendredi de 7 h à 18 h et exclut les fins de semaine, les congés fériés et la semaine entre Noël et le Jour de l'An. Les utilisateurs peuvent régler leur note en ligne, par messagerie texte, au téléphone ou dans certaines boutiques. De plus, les autobus, les minibus, les taxis, les véhicules d'urgence, les motocyclistes, les petites voitures à trois roues, les véhicules fonctionnant grâce à des carburants alternatifs et les vélos sont exemptés du péage et un rabais est consenti aux résidents ainsi qu'aux riverains de la zone.

Le dernier projet exposé dans cette étude est le péage de décongestion de la ville de Stockholm. Initialement, les autorités ont procédé à l'implantation d'un projet-pilote de sept mois, du 3 janvier au 31 juillet 2006, afin de démontrer aux citoyens les effets positifs engendrés par la réduction de la congestion et de la pollution dans la zone centrale de la ville. Suite à cette expérience, le péage fut instauré de manière permanente à partir du 1er août 2007. La perception du péage est effectuée électroniquement, dans les deux sens (entrée et sortie) et est variable selon les périodes de la journée. Il n'y a aucun péage les fins de semaine, les jours fériés et la journée précédente, le soir et la nuit (entre 18 h 30 et 6 h 29) et durant le mois de juillet. De plus, les véhicules d'urgence, les autobus, les voitures appartenant à des propriétaires étrangers, les motocyclistes, certains types de véhicules fonctionnant grâce à des carburants alternatifs ou alimentés partiellement ou totalement à l'électricité, les véhicules diplomatiques et militaires et les conducteurs handicapés sont exemptés du péage. Enfin, des exemptions sont accordées aux déplacements entre une île et le reste de la région et aux utilisateurs d'une autoroute qui permet d'éviter le centre-ville de Stockholm, mais qui traverse la zone tarifée.

Figure 8 : Résumé des villes sélectionnées



## La zone soumise au péage

La ville de Singapour a opté pour un système hybride de péage combinant péage de zone au sein du centre-ville et un péage de cordon sur les artères affluant vers ce dernier. Le système est basé sur un noyau de 25 arches de perception dans le quartier des affaires et de 43 arches de perception disséminées dans la majorité des voies d'accès rapides menant vers ce dernier pour un total de 68 points de contrôle en service. La technologie de tarification adoptée par l'autorité responsable confère une gestion entièrement automatisée aux points de contrôle sans interaction humaine.

Le péage de la ville d'Oslo forme un cordon hermétique couvrant une zone de 40 km<sup>2</sup> au centre de l'agglomération. La perception du droit de passage est effectuée auprès de 19 stations de péage disposées entre trois et huit kilomètres du centre-ville. Depuis le 2 février 2008, le paiement manuel n'est plus en vigueur aux points de contrôle et tous les usagers doivent utiliser le système de perception électronique fonctionnant sans ralentissement de la circulation.

Le péage de zone adoptée par la ville de Londres couvrait initialement une zone de 21 km<sup>2</sup>. Une première expansion fut introduite le 19 février 2007 du côté ouest de la zone originale permettant de doubler la superficie tarifée. Le déploiement de cette nouvelle zone fut accompagné par l'introduction d'un corridor central nord-sud permettant de traverser la nouvelle zone sans déboursier de droits de passage. La particularité du système londonien réside en l'absence d'arche de perception traditionnelle, utilisant plutôt un système de contrôle grâce à un réseau de caméras.

Le péage urbain en place à Stockholm délimite une zone de 52 km<sup>2</sup> au centre de la ville. La perception est administrée grâce à 18 portes d'accès entièrement électroniques dispersées aux abords des ponts reliant les îles et les presqu'îles entre elles. À l'instar des trois autres villes à l'étude, la technologie utilisée dans le cadre du péage de Stockholm ne nécessite aucune intervention humaine aux points de contrôle.

Tableau 30 : Zones soumises au péage des villes sélectionnées

Ville	Superficie	Points de contrôle	
Singapour	7,25 km <sup>2</sup> <sup>A</sup>	68	Arches électroniques
Oslo	40 km <sup>2</sup>	19	Arches électroniques
Londres	42 km <sup>2</sup>	331	Réseau de caméras
Stockholm	52 km <sup>2</sup> <sup>B</sup>	18	Arches électroniques

**A** : Superficie de la zone centrale seulement

**B** : Superficie totale incluant les zones marines

Sources : Land Transport Authority (2009), Fjellinjen AS (2010), Transport for London (2010), K.T. Analytics, Inc. (2008).

## L'autorité responsable du péage

Singapour est dirigée par un régime autoritaire qui a instauré plusieurs mesures afin de combattre le problème récurrent de congestion affligeant la ville. L'implantation d'un péage urbain est une des composantes d'un ambitieux programme de contrôle des transports visant également le nombre de voitures en circulation grâce à un système de quota d'immatriculation. Cette situation accorde un avantage indéniable au projet singapourien, car l'ensemble des pouvoirs urbains est concentré entre les mains d'une seule entité, la *Land Transport Authority* (LTA). Celle-ci coordonne l'ensemble des politiques de transport au niveau de la gestion du péage urbain et des transports collectifs, mais également au niveau de l'habitation et de sa localisation, de la voirie et du stationnement, permettant de créer une véritable politique urbaine intégrée.

La législation norvégienne autorise l'implantation sur les réseaux routiers d'une tarification visant à financer le développement d'infrastructures nouvelles avant même le parachèvement de ces dernières. De plus, aucune contrainte n'est établie entre la tarification et l'utilisation de la nouvelle infrastructure légitimant ainsi le déploiement de péages de zone ou de cordon. Les montants perçus servent exclusivement au financement de la route, sans possibilité de soutenir des projets connexes tels que des initiatives de voies réservées pour les transports collectifs ou pour l'aménagement urbain pour les piétons ou les cyclistes. La mise en place du péage est sous la responsabilité des collectivités territoriales

qui doivent présenter un programme d'investissement au gouvernement central pour approbation. Une fois en vigueur, le gouvernement norvégien s'engage à subventionner le programme à hauteur des sommes perçues par le péage. L'objectif poursuivi par l'implantation des péages norvégiens leur confère une durée de vie limitée au programme d'infrastructures qu'ils financent. La structure organisationnelle des péages norvégiens peut être résumée ainsi (Odeck & Bråthen, 2002) :

- Le projet de péage émane d'initiatives locales à la suite d'un accord politique entre les dirigeants locaux au niveau municipal et régional. Aucune autre exigence législative n'est demandée sauf en ce qui concerne l'impact sur le territoire. Toutefois, si l'investissement dépasse 400 M NOK (environ 68 M\$) durant une période de plus de huit ans, une étude d'impact doit être réalisée.
- Un cadre de financement et de garanties est formulé par les dirigeants locaux.
- Tous les projets doivent être approuvés par le *Parlement*.
- Une compagnie à but non lucratif est formée pour administrer la perception des péages.
- La modulation des tarifs doit être approuvée par le *Ministère des Transports et des Communications*.

Le péage urbain de Londres fut rendu possible à la suite de la promulgation de la *Greater London Authority Act* de 1999 qui conféra le pouvoir à tout nouveau maire de Londres d'implanter une tarification routière au sein de la ville et de décider de la gestion des fonds. L'élection en 2000 du maire Ken Livingstone, sympathisant au projet de péage, permit de jeter les bases de cette nouvelle tarification. L'autorité responsable du péage est la société publique *Transport for London* (TfL), entité responsable de l'élaboration des stratégies de développement du transport collectif dans l'agglomération de Londres et également de la gestion de ses services de transport. Toutefois, la gestion des opérations de péage est sous-traitée au secteur privé depuis le début du projet. Initialement sous le contrôle de la société britannique *Capita* à la suite d'un contrat de cinq ans, la gestion est maintenant confiée pour un nouveau terme de cinq ans à l'entreprise *IBM* depuis le 1<sup>er</sup> novembre 2009.

L'implantation d'un péage de cordon dans la ville de Stockholm est une idée caressée depuis quelques décennies, mais se butant aux conséquences politiques néfastes découlant de cette décision. Néanmoins, à la suite de l'élection du *Parti vert* en 2002 et de

la coalition formée avec le *Parti social démocrate*, ces derniers ont annoncé leurs intentions de relancer le projet. La loi autorisant la tarification routière fut ratifiée en 2004. Elle porte une attention particulière à la gestion de la demande de transport et à la protection de l'environnement. Un projet-pilote fut conduit de janvier à juillet 2006 sous l'égide de la ville de Stockholm, de l'*Administration suédoise des routes* et de la direction des transports de Stockholm. L'intention manifestée par les vainqueurs de l'élection générale de 2006 d'implanter sur une base permanente le péage fut entérinée par le *Parlement* le 20 juin 2007. Toutefois, le gouvernement suédois statua que le péage constituait une taxe gouvernementale et non des frais de décongestion locaux, les municipalités suédoises n'étant pas habilitées à créer de nouvelles taxes.

Tableau 31 : Autorités responsables du péage dans les villes sélectionnées

Ville	Autorité responsable	Autorité administrant le péage
Singapour	Administration publique	
Oslo	Administrations publiques	Société à but non lucratif
Londres	Administration publique	Contrat d'exploitation de 5 ans
Stockholm	Administrations publiques	Administration publique

Sources : Land Transport Authority (2009), Fjellinjen AS (2010), Transport for London (2010), K.T. Analytics, Inc. (2008).

## Acceptation populaire et enjeux politiques

Il est difficile d'obtenir de l'information non biaisée quant à l'acceptabilité populaire du péage de Singapour compte tenu de la nature de son régime politique. Toutefois, la population semble approuver les efforts déployés. En effet, le gouvernement englobe généralement les modifications au niveau de la tarification routière dans un programme d'amélioration de l'offre de service des transports collectifs ou dans la diminution de taxes connexes.

L'histoire des péages norvégiens remonte à 1982, année où le ministre des Transports promit d'aider financièrement les autorités locales qui implanteraient un programme de péage. En 1986, le conseil municipal d'Oslo ainsi que le conseil régional du

comté voisin d'Akershus effectuèrent une demande pour l'implantation d'un projet de péage pour financer la construction d'un tunnel. Dès 1987, l'emplacement des 18 postes de péage était approuvé par les deux partenaires du projet malgré une résistance plus prononcée des habitants d'Oslo où était situé l'ensemble des points de contrôle. Afin de tempérer la situation, un nouveau partage des sommes amassées fut dévoilé où 20 % des fonds furent destinés au transport collectif dans la ville d'Oslo. Le succès rencontré par ce mode de financement se concrétisa par la réalisation de deux autres programmes de développement des infrastructures routières et de transport collectif. Toutefois, un rapport du bureau du *Vérificateur général* (Office of the Auditor General of Norway, 2005-2006) vint démontrer certaines lacunes dans la gestion de ces programmes notamment au niveau de la coopération difficile entre le nombre élevé de partenaires devant choisir un nombre limité de projets.

La perception populaire est primordiale dans l'implantation des péages norvégiens, car le gouvernement central sanctionne et finance le programme d'infrastructures proposé par l'administration locale. Un sondage est réalisé annuellement depuis 1989 afin de prendre le pouls de la population concernant leur attitude par rapport aux péages. En 1989, un an avant la réalisation du projet de péage, 70 % des répondants avaient une attitude négative par rapport au péage proposé (Odeck & Bråthen, 2002). Néanmoins, cette résistance s'est estompée au fil du temps si bien que le taux d'insatisfaction n'était plus que de 55 % en 1996. Certains constats peuvent être tirés de ces sondages qui démontrent qu'une grande partie de la résistance populaire envers les péages de financement résulte d'une information déficiente (Odeck & Bråthen, 2002).

- Le public doit être informé de l'objectif principal poursuivi par l'implantation du péage ex ante, surtout dans le cas d'un péage de financement qui ne vise pas à réduire la congestion routière.
- Les autorités doivent démontrer la pertinence du péage relativement à d'autres modes de financement.
- Le péage doit être publicisé comme étant une des composantes d'un plan intégré de transport.

La principale raison citée par les citoyens en faveur du péage (Fearnley & Lian, 2005) était que les fonds amassés servaient à financer des investissements routiers alors que la



principale objection émanait du sentiment que le public ne devait pas payer pour les routes/que le public était suffisamment taxé. Aussi, suite à une description du deuxième plan de transport (O2), 71 % des répondants avaient une attitude positive justifiée par la part élevée d'investissements en transport collectif. Enfin, 56 % des sondés acceptaient une prolongation du péage après l'expiration du premier plan de transport (O1). Il semble donc que les citoyens de la région d'Oslo considèrent que le péage dégage plus de bénéfices que ne semblent l'indiquer les résultats du sondage quant à l'attitude qu'ils éprouvent envers la tarification.

Les nouveaux pouvoirs de taxation consentis au maire de Londres en 1999 furent suivis d'une vaste consultation publique de 18 mois entre 2000 et 2002. Malgré l'optimisme du maire Ken Livingstone envers son projet de péage, la ville de Westminster située directement à l'ouest de la zone tarifée porta la cause en *Cour Suprême*. La poursuite affirmait que le tracé final retenu pour la zone tarifée augmenterait la pollution et qu'elle enfreignait les droits humains des résidents frontaliers de la zone. La *Cour Suprême* débouta la ville de Westminster en 2002. Malgré cet échec des opposants à l'implantation du péage, les critiques demeurèrent vives surtout en ce qui concerne les politiciens du *Parti conservateur* qui militaient en faveur de l'abolition du péage lors de la course à la mairie de 2004. De plus, un rapport public critiqua sévèrement le contrat signé avec l'entreprise *Capita*, responsable des opérations de péage, parce qu'elle n'atteignait pas les objectifs visés (London Assembly Budget Committee, 2003). En effet, la société publique responsable de la gestion des péages, *Transport for London* (TfL), dut subventionner l'entreprise privée à hauteur de 31 M£ (environ 48 M\$), car ses opérations étaient déficitaires à la suite du non-paiement des droits de passage de 103 000 usagers.

Un des problèmes rencontrés par le projet de péage urbain de Londres était l'absence de cadre légal international en ce qui concerne les contrevenants étrangers et la possibilité de récupérer les sommes dues. En effet, les propriétaires étrangers ne sont pas exemptés du droit de péage, mais selon des données obtenues par le journal *The Guardian* en 2005, seulement 3 % des 65 534 pénalités furent payées (Clark, 2005).

L'effet sur les entreprises semble pour le moment assez mitigé, certains rapports provenant de TfL suggérant que l'effet du péage était neutre sur les entreprises tandis que des rapports provenant de la Chambre de commerce de Londres suggèrent à l'inverse que l'implantation du péage affecte négativement les commerces et entreprises situés dans la zone de péage.

Selon une étude sur l'acceptation populaire de la tarification proposée dans la ville de Londres, le projet accaparait un appui de 40 % avant son implantation (CURACAO, 2009). Une fois l'implantation effectuée, l'acceptation populaire oscilla entre 50 % et 60 %. Malheureusement, il n'existe aucune série de données temporelles afin de vérifier la tendance au niveau de la satisfaction, mais la réélection du maire Livingstone en 2004, à la suite d'une campagne où son opposant militait en faveur de l'abolition du péage, peut être un indicateur que la majorité des Londoniens étaient en faveur du projet. Selon une étude dressant un portrait global des projets internationaux de tarification routière, trois raisons fondamentales expliquent ce haut niveau d'acceptation populaire (CURACAO, 2007) :

1. Le niveau de congestion de la ville de Londres avait atteint un niveau inacceptable et seulement l'imposition de mesures draconiennes pouvait combattre ce fléau. Un rapport (GOL, 2000) confirme que la population semblait concernée par les impacts de cette congestion sur le temps de déplacement et la santé et proposait dans une large mesure l'imposition d'une tarification routière;
2. Le haut niveau de concentration des pouvoirs entre les mains du maire de Londres permet d'allouer des ressources importantes afin de corriger les problèmes fondamentaux qui affligent la ville. De plus, l'excellente communication entre les citoyens et les dirigeants, la transparence dégagée par les autorités au sujet du problème et des solutions proposées, de même que le développement d'outils de communication modernes ont facilité la promotion et les bénéfices dégagés par l'application du péage.
3. Malgré une opposition au projet, la relative stabilité politique de même que l'implantation du projet au début du mandat du nouveau maire ont contribué au succès de ce dernier. Enfin, la décentralisation des pouvoirs accordée grâce au cadre

légal permet de maintenir les décisions à un niveau local sans intervention avec le gouvernement central.

Le projet suédois de péage fut orchestré de manière à obtenir le plus grand appui possible auprès des politiciens et du public. Le péage débuta sous la forme d'un projet-pilote de sept mois, entre janvier et juillet 2006, au terme duquel une analyse détaillée de l'expérience fut déposée suivi par des consultations publiques concernant son adoption permanente. Il fut statué que seulement le résultat du référendum tenu dans la ville de Stockholm, le 17 septembre 2006, aurait force de loi malgré l'organisation de référendum dans 14 autres municipalités environnantes. Cette décision fut largement critiquée par ces municipalités qui n'obtenaient aucune considération quant à l'opinion de leurs citoyens relativement au péage. En effet, la municipalité de Stockholm étant le centre des affaires et du gouvernement de la Suède, un grand nombre de citoyens habitant en périphérie doivent se rendre quotidiennement dans la zone tarifée. De plus, l'interprétation des résultats obtenus lors de ces référendums complexifiait la décision finale d'implantation qui relevait directement du gouvernement central, ce dernier ne pouvant exclure volontairement l'avis d'une partie de la population. Aussi, l'abstention de certaines villes de tenir une consultation publique sur cet enjeu accentuait la problématique concernant la volonté populaire par rapport au péage. Les citoyens de la ville de Stockholm approuvèrent finalement l'implantation permanente du péage à 51,3 % alors que 45,5 % s'y opposèrent (Stockholmsförsöket, 2006). Enfin, toutes les municipalités où une consultation publique fut tenue votèrent contre l'implantation permanente du péage. Néanmoins, malgré ces résultats, le nouveau gouvernement central décida d'implanter de manière permanente le péage à compter d'août 2007.

La perception populaire fut évaluée avant, pendant et après le projet-pilote de 2006 et reflète la tendance observée dans les autres villes où une telle étude fut menée (CURACAO, 2007). En effet, l'attitude avant le début du projet, à l'automne 2005, était négative pour environ 55 % des personnes sondées. Lors de l'introduction du péage, en janvier 2006, ce pourcentage a diminué si bien qu'entre avril et mai 2006, 53 % des citoyens approuvaient maintenant le projet et 41 % s'y opposaient. Cette tendance s'observe

également au niveau des usagers du péage où autant de répondants approuvaient le péage que ceux qui s'y opposaient en mai 2006.

## Niveaux et modulation des tarifs

La tarification dans la ville de Singapour est variable selon les emplacements, les types de véhicule et la période de la journée. La segmentation est effectuée en quatre catégories soit :

1. Véhicules de promenade/Taxis/Véhicules de transport de marchandises légères
2. Motocyclettes
3. Véhicules de transport de marchandises lourdes/Petits autobus
4. Véhicules de transport de marchandises très lourdes/Gros autobus

En semaine, le péage est en vigueur sur toutes les arches de perception et s'étend généralement de 7 h à 20 h avec l'exception notable d'une arche de perception sur une autoroute, la *Central Expressway*, qui est en service jusqu'à 22 h 30. Selon l'emplacement des arches, certaines ne tarifient que l'heure de pointe du matin ou du soir alors que d'autres tarifient la journée entière. La fin de semaine, le péage est en vigueur sur un nombre très restreint d'arches et s'étend habituellement de 11 h à 20 h.

Les prix sont modulés afin de garantir des vitesses de 45 à 65 km/h sur les voies rapides et les grandes artères et de 20 à 30 km/h sur les routes. Incidemment, durant certaines périodes de la journée, le prix est fixé à 0 SGD alors que le prix maximal pour un véhicule de promenade est de 4 SGD (2,88 \$) en semaine et de 2 SGD (1,44 \$) la fin de semaine. Une révision des grilles tarifaires est effectuée tous les trimestres et la LTA poursuit le développement de nouveaux points de contrôle en fonction de l'évolution des conditions routières et des changements de comportement des usagers.

La tarification à Oslo est fixe, peu importe l'heure de la journée, et tarifie l'utilisateur seulement lorsqu'il pénètre dans la ville (et non pour en sortir). Le montant du péage est divisé entre deux classes de véhicule seulement soit entre les véhicules de moins de 3 500 kg et de plus de 3 500 kg. Le péage fut majoré le 1er mars 2010 à 26 NOK et 78 NOK

respectivement (4,43 \$ et 13,28 \$). Un rabais de 20 % est consenti aux utilisateurs de transpondeurs *AutoPASS*.

La tarification à Londres est également fixe et est en vigueur du lundi au vendredi de 7 h à 18 h. Le péage londonien est un droit de séjour, signifiant que l'utilisateur peut demeurer aussi longtemps qu'il le désire dans la zone ou même, transiter plusieurs fois dans celle-ci dans une même journée en ne déboursant qu'une fois les frais de 8 £ (12,32 \$). Certains rabais sont consentis aux utilisateurs fréquents effectuant l'achat d'un abonnement mensuel ou annuel ou aux utilisateurs commerciaux enregistrant leur flotte de véhicules.

La tarification de la ville de Stockholm est variable selon la période de la journée et est en vigueur du lundi au vendredi de 6 h 30 à 18 h 30. Les usagers sont débités à l'entrée et à la sortie de la ville pour un montant maximal de 20 SEK (2,81 \$) par passage et pour un montant maximal quotidien de 60 SEK (8,43 \$) par jour.

Tableau 32 : Niveaux des tarifs des véhicules de promenade des villes sélectionnées

Ville	Tarification	Tarifs (lundi-vendredi)	Tarifs (fin de sem.)	Maximum quotidien
Singapour	Dynamique	De 0 à 4 SGD (0 à 2,88 \$)	De 0 à 2 SGD (0 à 1,44 \$)	Aucun
Oslo	Fixe	26 NOK (4,43 \$)		Aucun <sup>A</sup>
Londres	Fixe	8 £ (12,32 \$)	S.O.	8 £ (12,32 \$)
Stockholm	Variable	De 10 à 20 SEK (1,41 à 2,81 \$)	S.O.	60 SEK (8,43 \$)

**A** : Un seul prélèvement est effectué par heure pour les usagers d'*AutoPASS*

Sources : Land Transport Authority (2009), Fjellinjen AS (2010), Transport for London (2010), K.T. Analytics, Inc. (2008).

Tableau 33 : Modulation des tarifs des villes sélectionnées

Ville	Tarification	Segmentation du marché	Opérations (lundi-vendredi)	Opérations (fin de sem.)
Singapour	Dynamique	4 catégories	7 h – 20 h <sup>A</sup>	11 h – 20 h
Oslo	Fixe	2 catégories		24 h
Londres	Fixe	Aucune	7 h – 18 h	S.O.
Stockholm	Variable	Aucune	6 h 30 – 18 h 30	S.O.

**A** : À l'exception d'un poste de péage en activité jusqu'à 22 h 30

Sources : Land Transport Authority (2009), Fjellinjen AS (2010), Transport for London (2010), K.T. Analytics, Inc. (2008).

## La technologie de perception utilisée

Depuis la modernisation de son système de perception en 1998, la ville de Singapour fait office de pionnière dans l'utilisation de technologie de pointe dans le prélèvement électronique des droits de passage. Le fonctionnement est plutôt simple et s'appuie principalement sur une unité centrale obligatoire à bord des véhicules soumis au péage. Cette unité fait office de lecteur de cartes pour les paiements et dialogue avec les arches de perception grâce à un service de communication spécialisé de courte portée (SCSCP). Les autorités s'assurent de la présence d'une unité centrale grâce à un service de lecture automatique des plaques d'immatriculation (LAPI) afin d'arrêter les contrevenants.

L'avantage indéniable de cette technologie réside dans la tarification directe des usagers par le biais de la technologie *SmartCard*. En effet, les usagers doivent faire l'acquisition d'une carte de prépaiement rechargeable nommée *CashCard* qu'ils insèrent dans l'unité centrale de leur véhicule. La carte est émise par un regroupement de banques locales et permet d'emmagasiner une valeur entre 5 SGD et 500 SGD (3,61 \$ à 360,60 \$). La carte est vendue dans les banques, les bureaux de poste et les stations-service et peut être rechargée à ces endroits et dans des machines distributrices disséminées un peu partout dans la ville. La carte est valide pour une durée de cinq ans et est utilisable afin d'acquitter les frais de stationnement ou comme mode de paiement dans de nombreux commerces. Cette technologie novatrice de paiement permet d'éliminer la centralisation de la

facturation, facteur déterminant des coûts élevés d'exploitation des modes de perception électronique. À chaque fois que le véhicule passe sous une arche de perception, le montant correspondant au droit de passage pour la période courante est déduit de son solde et s'affiche sur un petit écran à cristaux liquide sur l'unité centrale.

Quelques mois après l'implantation du système, le niveau d'erreur était de 0,07 % et était dû principalement à des lecteurs de bord et à des cartes de prépaiement défectueux et à des erreurs de communication avec les arches de perception. La violation par des contrevenants au système de perception était très faible et représentait 0,3 % des transactions quotidiennes. De ce nombre, 90 % des violations étaient générées par des utilisateurs ayant oublié d'insérer leur carte de prépaiement dans le lecteur (Seik, 2000).

La technologie de paiement utilisée par le système de péage n'emmagasine pas les informations de déplacement des usagers ce qui assure une protection sans pareille de la vie privée. Enfin, le système utilise les caméras situées sur les arches de perception seulement dans les situations où un usager contrevient au système de perception.

Le péage de la ville d'Oslo utilise une technologie électronique automatisée qui ne requiert aucun ralentissement de la circulation depuis le 2 février 2008. Le système fonctionne grâce à un transpondeur couplé à un service de communications spécialisées de courte portée (SCSCP) et d'un système de lecture automatique des plaques d'immatriculation (LAPI). L'utilisation du système est plutôt aisée, tant pour les usagers que pour la société responsable des péages, *Fjellinjen AS* et se décline en deux approches.

La première option consiste à compléter un contrat avec le système *AutoPASS* à l'une des nombreuses stations-services *ESSO* à proximité des postes de péage ou directement par Internet afin de bénéficier d'un rabais de 20 % sur le prix du péage. Une fois le contrat complété, l'utilisateur pourra faire l'acquisition d'un transpondeur en versant un cautionnement de 200 NOK (34,06 \$). Le transpondeur est un dispositif électronique installé directement par l'utilisateur à l'intérieur de son véhicule, généralement derrière le rétroviseur central. Le numéro d'identification du transpondeur est lié au numéro de série de la voiture et il est donc impossible de déplacer le transpondeur sans en aviser la société

responsable du péage. Dans l'éventualité où un problème survenait avec le transpondeur, il est possible de l'échanger gratuitement à l'un des nombreux points de service dans la ville d'Oslo ou d'Akershus. L'utilisateur doit ensuite décider de la façon dont il désire acquitter son compte, soit en utilisant les retraits bancaires préautorisés, en faisant l'acquisition d'une carte prépayée d'un montant de 500 NOK (85,15 \$) pour les véhicules légers et 1500 NOK (255,45 \$) pour les véhicules lourds ou en recevant une facture trimestrielle.

Le programme *AutoPASS* permet de bénéficier de deux avantages indéniables :

- Le nombre maximal de transactions mensuelles est de 60 passages et tous les passages excédentaires ne sont pas facturés.
- Les usagers franchissant plus d'une fois au cours de la même heure une arche de perception ne sont prélevés qu'une seule fois.

Pour les automobilistes ne désirant pas se prévaloir du système *AutoPASS* (ou ayant perdu ce privilège), une photographie de la plaque d'immatriculation est captée afin de débiter le propriétaire du véhicule. Plusieurs options de paiement s'offrent alors à l'utilisateur :

- Paiement comptant auprès de la plupart des stations-service *ESSO* à proximité des postes de péage dans un délai de trois jours suivants le passage.
- Paiement par messagerie texte pour les utilisateurs de téléphonie mobile norvégienne et propriétaires d'une voiture immatriculée en Norvège dans un délai de trois jours suivants le passage.
- Envoi d'une facture lorsque le solde du compte atteint 100 NOK (17,03 \$) ou qu'une période de deux mois s'est écoulée.

Sur demande de l'utilisateur, il est possible d'effacer toute trace d'un passage sous une arche de perception lors d'un paiement en argent comptant ou à la suite d'une entente avec la compagnie *Fjellinjen AS* dans un délai de 72 heures. Les propriétaires de véhicules immatriculés à l'étranger sont également soumis au péage et ces opérations sont prises en charge par la compagnie britannique *EPC plc*.

Le péage de Londres est assuré entièrement par un service de lecture automatique des plaques d'immatriculation (LAPI). Ce service fonctionne grâce à un réseau très étendu de 331 points de capture disposés aux entrées/sorties et à certains points stratégiques à l'intérieur de la zone de tarification. Chacun des sites est muni de deux types de caméras différentes positionnées à une hauteur de huit mètres afin d'optimiser leur utilisation dans



les situations de congestion lourde. Le premier type de caméra capture une image en couleur du véhicule et de son environnement ambiant alors que la seconde capture une image monochrome uniquement de la plaque d'immatriculation du véhicule. L'autorité responsable dispose également de caméras mobiles qu'elle peut déplacer à l'intérieur de la zone afin de parer à des besoins ponctuels.

Les automobilistes pénétrant dans la zone de péage se voient informés de cette situation grâce à une signalisation particulière attestant de la frontière de la zone, aucune arche de perception n'étant nécessaire avec la technologie retenue. Une photographie de la plaque d'immatriculation de la voiture est par la suite enregistrée, signée numériquement pour éviter des tentatives de manipulation ou de fraude et décryptée automatiquement par le système. Cette dernière est jointe à l'image détaillant l'environnement contextuel et elles sont transmises au centre de traitement afin que le système compare l'information obtenue à la liste des voitures ayant droit de séjour dans la zone. Ces opérations sont effectuées environ un million de fois par jour (Road Traffic Technology, 2010) et TfL assure que son taux de succès est d'environ 90 % lors du premier passage à un point de contrôle. Dans l'éventualité où l'automobiliste n'aurait pas déjà acquitté son droit de séjour de 8 £ (12,32 \$), il dispose d'une période de grâce se terminant à minuit la journée même afin de se conformer au règlement. Entre 10 000 et 12 000 véhicules sont dans cette situation à tous les jours et un contrôle manuel est nécessaire afin d'authentifier que le paiement a été reçu avant la fin de la période d'exemption. Dans le cas contraire, le propriétaire dispose d'une journée supplémentaire pour acquitter son droit de séjour majoré d'une pénalité de 2 £ (3,08 \$). Cette situation se produit quotidiennement pour environ 5 500 propriétaires indisciplinés. En cas de non-paiement, les pénalités augmentent rapidement et peuvent même se transformer en immobilisation ou saisie de la voiture pour les propriétaires britanniques. Les propriétaires étrangers récalcitrants sont, quant à eux, pris en charge par la compagnie *EPC plc* qui s'occupe également de la collecte internationale auprès de la compagnie de péage de la ville d'Oslo.

Les usagers peuvent effectuer leur paiement par Internet (28 % des transactions), à des points de vente dans des magasins et stations-service sélectionnés (28 %), par

messaging texte (23 %) ou en téléphonant au service à la clientèle (14 %) (Road Traffic Technology, 2010). Une fois l'information corroborée par le système, toutes les photographies liées au conducteur et au véhicule sont détruites afin de protéger la vie privée des utilisateurs.

Le péage de la ville de Stockholm fonctionne grâce à un partenariat technologique entre les sociétés *IBM* et *Q-Free*. Cette association permet d'offrir aux utilisateurs un système de perception de pointe lorsqu'ils franchissent l'un des 18 points de passage du réseau. Ce système prend assise sur une technologie de lecture automatique des plaques d'immatriculation (LAPI) fonctionnant grâce à des caméras infrarouges.

L'administration suédoise des routes a mandaté la firme *IBM* afin qu'elle développe une solution logicielle capable de minimiser le nombre d'interactions humaines dans le traitement de l'identification des plaques d'immatriculation. Une équipe de recherche des laboratoires de la société a donc conçu un moteur de reconnaissance optique de caractères (ROC) réduisant de 20 % le nombre de traitements manuels nécessaire grâce à un système en deux phases (IBM, 2010). Ce système tente premièrement d'identifier les caractères affichés sur la plaque d'immatriculation du véhicule. Si l'opération est réussie, l'entrée est signée numériquement et enregistrée dans une base de données afin de débiter, dans un second temps, le propriétaire du véhicule. Toutefois, en cas d'échec, le système transmet à un ordinateur central l'image capturée afin qu'une deuxième vérification soit effectuée. Cette opération fait appel à de puissants algorithmes d'amélioration de l'image ou encore à une comparaison des plaques d'immatriculation de l'avant et de l'arrière du véhicule afin d'effectuer une nouvelle tentative de reconnaissance des caractères. L'adoption de cette technologie novatrice permet de diminuer substantiellement le nombre d'erreurs et assure une efficacité en tout temps et sous de mauvaises conditions météorologiques, résultats qui n'auraient pu être atteints grâce à un système reposant sur une phase unique. De plus, l'utilisation de ce système permet de procéder automatiquement à la tarification des propriétaires de véhicule.

Durant le projet-pilote, le péage opérait également grâce à un système de transpondeur utilisant la technologie de communications spécialisées de courte portée

(SCSCP). Malgré que cette technologie fût utilisée par la moitié des 250 000 à 400 000 passages quotidiens, la décision d'éliminer cette option fut prise à la suite du succès rencontré par le système de LAPI (Toll Roads News, 2007). Le gestionnaire du projet à l'Administration suédoise des routes, Birger Hook, affirma que le faible taux de lecture illisible de 0,1 % et le nombre d'interactions humaines nécessaires dans seulement 6 % des passages justifiaient de se départir d'un système coûteux à opérer et à administrer.

Le système est peu intrusif visuellement, utilisant un simple poteau pour les points de passage de deux voies ou moins et une arche de perception sobre dans les autres situations. La caméra fonctionne de concert avec un laser qui permet de détecter et de suivre les mouvements des véhicules dans une route ayant plusieurs voies à une distance de 30 mètres environ. De plus, ce laser permet de déterminer le profil du véhicule afin d'identifier s'il s'agit d'un véhicule lourd ou d'un véhicule de promenade. Enfin, les caméras sont inclinées dans un angle de 30 degrés et sont installées obliquement afin d'obtenir une vue d'ensemble grâce à la superposition des images des différentes caméras.

L'option de paiement la plus prisée est le retrait bancaire préautorisé. Le paiement peut également être effectué par carte de crédit depuis le site Internet de l'organisme ou par téléphone. Enfin, il est possible d'acquitter le péage aux stations-service et dépanneurs 7-*Eleven* et *Pressbyrån* de la ville ou à certaines banques locales. Le délai accordé avant que l'utilisateur ne soit en défaut de paiement a été fixé à 14 jours.

Tableau 34 : Technologies de perception utilisée par les villes sélectionnées

Ville	Technologie	Transpondeur
Singapour	SCSCP et LAPI	Obligatoire avec lecteur de cartes
Oslo	SCSCP et LAPI	Optionnel
Londres	LAPI	Aucun
Stockholm	LAPI	Aucun

Sources : Land Transport Authority (2009), Fjellinjen AS (2010), Transport for London (2010), Toll Roads News (2007).

## Annexe II – Cartes

Figure 9 : Carte détaillée des points de passage de la zone de péage – Scénario 1



Frontière	Intersection	Voies
Avenue Viger Est	Autoroute Ville-Marie Ouest	2
Avenue Papineau	Boulevard René-Lévesque Est	4
	Rue Sainte-Rose	1
	Boulevard de Maisonneuve Est	2

Frontière	Intersection	Voies
	Rue Logan	2
	Rue Lafontaine	1
	Rue Ontario Est	1
	Rue Sherbrooke Est	3
Rue Sherbrooke Est	Avenue Émile-Duployé	1
Avenue du Parc Lafontaine	Rue Rachel Est	3 & 2
Avenue Christophe-Colomb	Rue Marie-Anne Est	1
	Ruelle	(1)
Avenue du Mont-Royal Est	Rue de Mentana	1
	Rue Saint-Hubert	1
	Rue Berri	1
	Rue Saint-Denis	2
	Rue Drolet	1
	Avenue de l'Hôtel de Ville	1
	Avenue Coloniale	1
Avenue du Mont-Royal Ouest	Rue Saint-Urbain	2
	Avenue du Parc	3
	Chemin de la Côte-Sainte-Catherine	3
Avenue du Dr Penfield	Avenue Cedar	1
Chemin de la Côte-des-Neiges	Avenue du Dr Penfield	2
Rue Guy	Rue Sherbrooke Ouest	2
	Rue Sainte-Catherine Ouest	3
	Boulevard René-Lévesque Ouest	3
	Avenue Argyle	1
	Rue Saint-Jacques	2
	Rue Notre-Dame Ouest	1
	Rue Ottawa	1
Rue Wellington	Pont	2
Rue Mill	Pont	2
	<b>32 emplacements</b>	<b>59</b>

Autoroute	Sortie	Voies
Autoroute Ville-Marie Ouest	Sortie 5 (Nazareth)	1
	Sortie 5 (Mansfield)	2
Autoroute Ville-Marie Est	Sortie 4 (de la Montagne/St-Jacques)	1
	Sortie 6 (St-Laurent/Berri)	1
Autoroute Bonaventure Nord	Sortie 1 (Wellington/Notre-Dame)	1
	Rue University	3
	<b>6 emplacements</b>	<b>9</b>



Figure 10 : Carte détaillée des points de passage de la zone de péage – Scénario 2



Frontière	Intersection	Voies
Voies ferrées	Rue Sainte-Catherine Est	1
	Rue Ontario Est	1
	Rue de Rouen	1
	Rue Hochelaga	2
	Rue Sherbrooke Est	3
	Rue Rachel Est	2
	Boul. Saint-Joseph Est	2
	Rue Masson	3
	Avenue de Lorimier	2

Frontière	Intersection	Voies
	Avenue Papineau	2
	Avenue Christophe-Colomb	2
	Rue Saint-Hubert	2
	Rue Saint-Denis	2
	Boul. Rosemont	2
	Rue Clark	2
	Avenue du Parc	2 & 1
	Avenue Rockland	2
	Avenue Wilderton	2
	Chemin de la Côte-des-Neiges	2
	Avenue Victoria	2
Boul. Décarie	Rue Vézina	1
	Avenue Plamondon	1
	Avenue Van Horne	2
	Avenue Bourret	2
	Chemin de la Côte-Sainte-Catherine	2
	Avenue Dupuis	1
	Avenue Lacombe	2
	Avenue Isabella	1
	Chemin Queen-Mary	2
	Chemin de la Côte-Saint-Luc	2
	Avenue Brillon	1
	Avenue Notre-Dame-de-Grâce	2
	Rue Sherbrooke Ouest	2
	Boul. de Maisonneuve Ouest	1
	Rue Saint-Jacques	2
Échangeur Décarie	Rue Pullman	1
	Rue Notre-Dame Ouest	1
Rue Saint-Rémi	Tunnel	2
Avenue Atwater	Tunnel	2
Rue Charlevoix	Pont	1
Rue des Seigneurs	Pont	1
Rue Wellington	Pont	2
Rue Mill	Pont	2
Pont Jacques-Cartier		3/2
<b>44 emplacements</b>		<b>79</b>

Autoroute / Artère	Sortie	Voies
Rue Notre-Dame Est	Rue Frontenac	2
	Boul. René-Lévesque	2
	Avenue de Lorimier	3

Autoroute / Artère	Sortie	Voies
Avenue Viger Est	Avenue Papineau	3
Autoroute Ville-Marie Ouest	Avenue Viger Est	2
	Sortie 5 (Nazareth)	1
	Sortie 5 (Mansfield)	2
	Sortie 4 (Atwater)	1
	Sortie 2 (Saint-Jacques)	1
Autoroute Ville-Marie Est	Sortie 2 (Atwater)	1
	Sortie 3 (Centre-Ville/Guy)	1
	Sortie 4 (de la Montagne/St-Jacques)	1
	Sortie 6 (St-Laurent/Berri)	1
Autoroute Bonaventure Nord	Sortie 1 (Wellington/Notre-Dame)	1
	Rue University	3
<b>15 Emplacements</b>		<b>25</b>

Figure 11 : Carte régionale des zones de péage – Scénarios 1 et 2

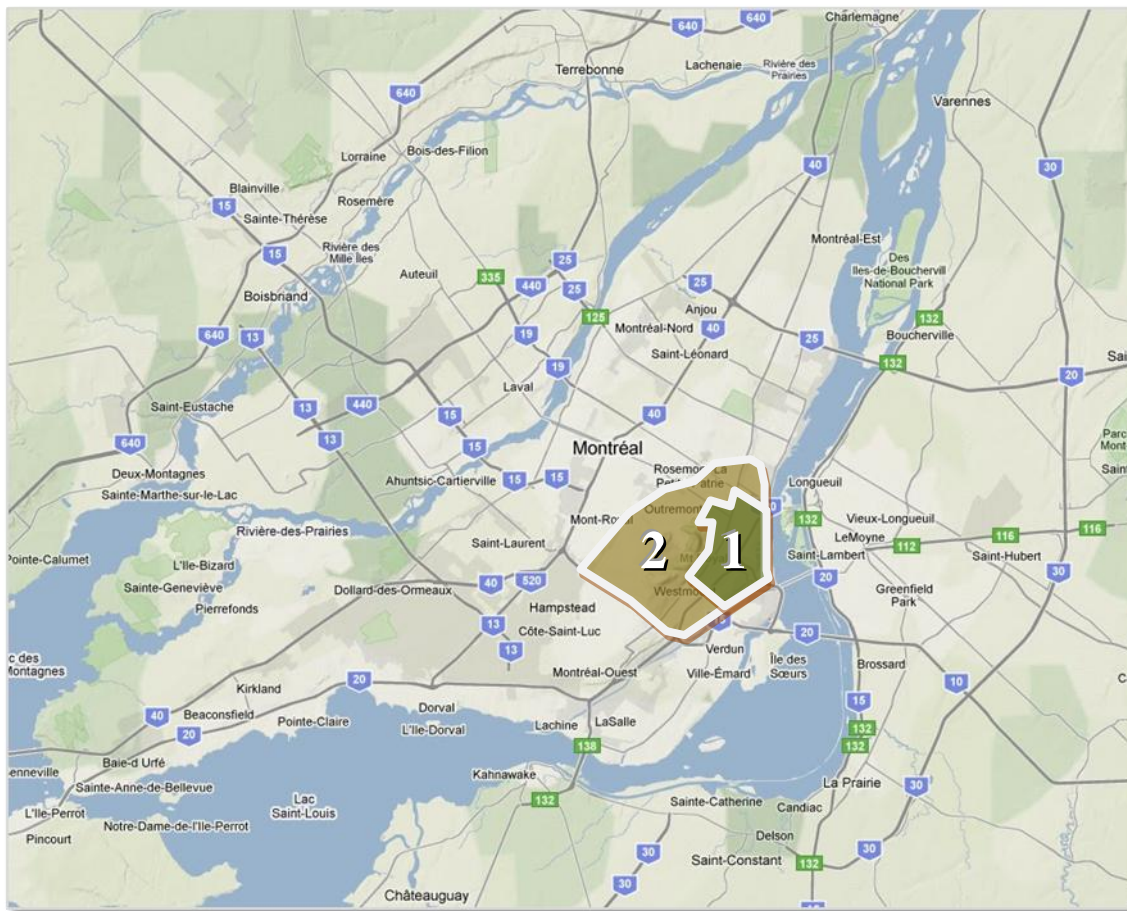




Figure 12 : Nombre de véhicules retirés de la circulation (2004) – Scénario 1

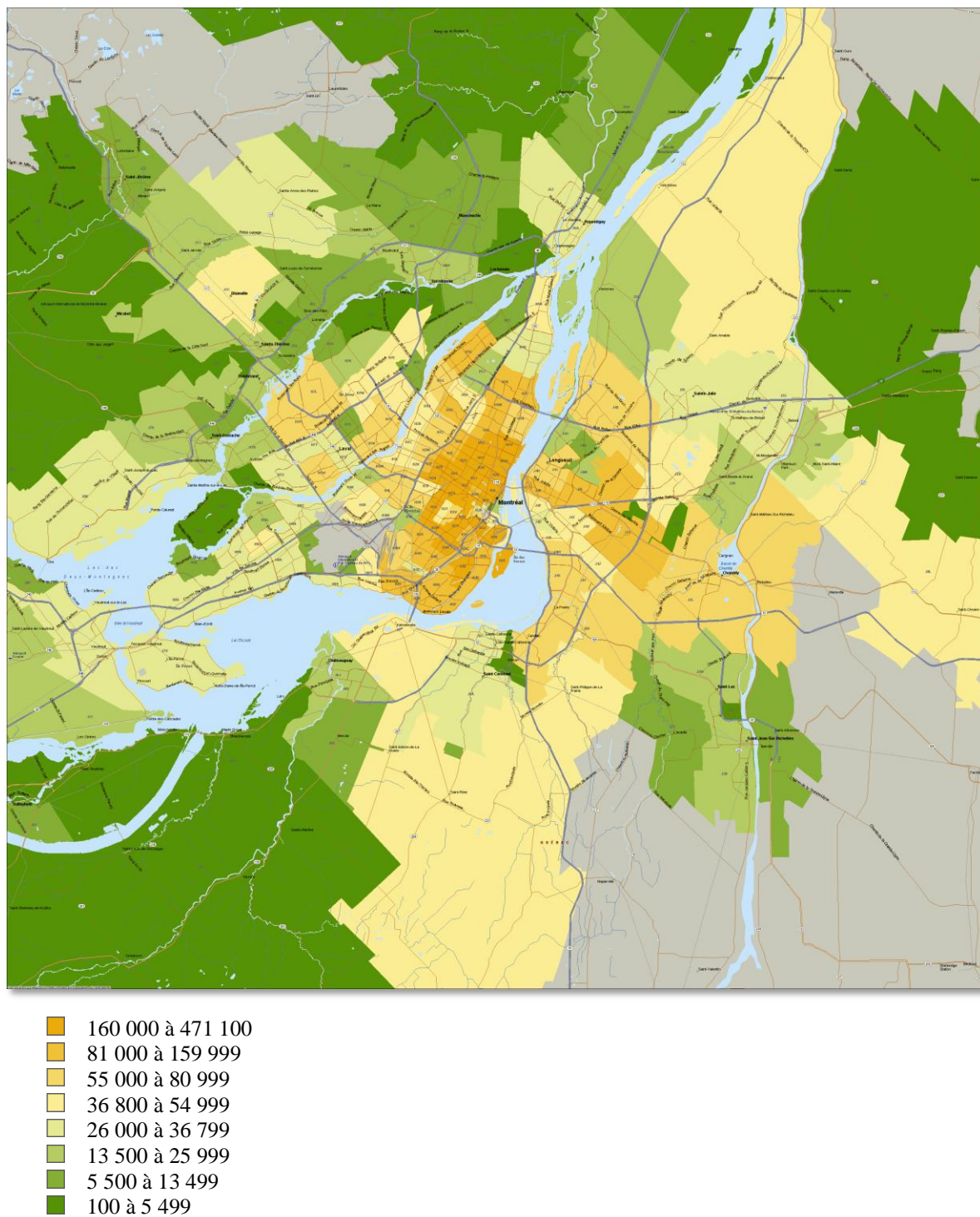


Figure 13 : Nombre de véhicules retirés de la circulation (2004) – Scénario 2

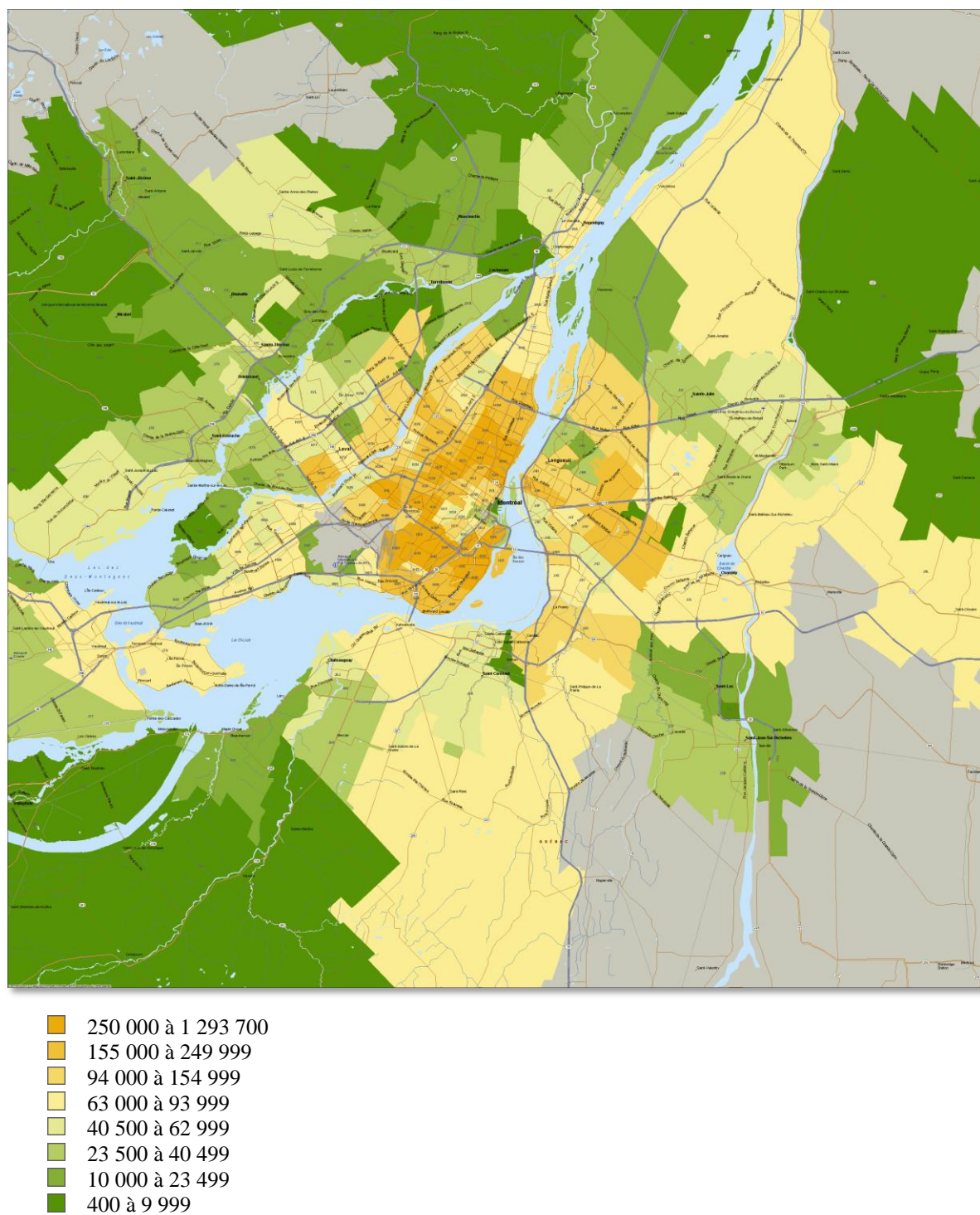




Figure 14 : Revenus annuels du péage (2004) – Scénario 1

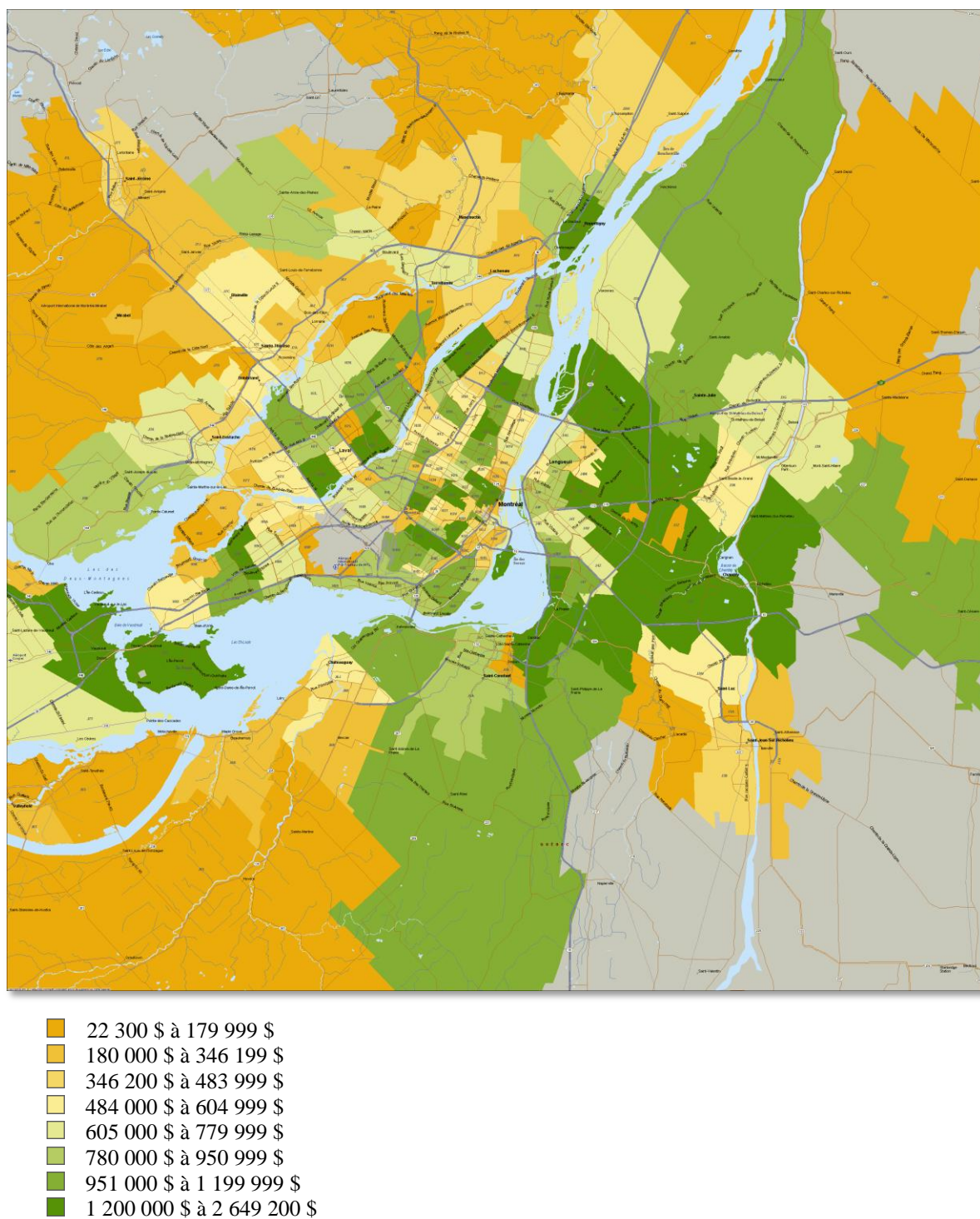


Figure 15 : Revenus annuels du péage (2004) – Scénario 2

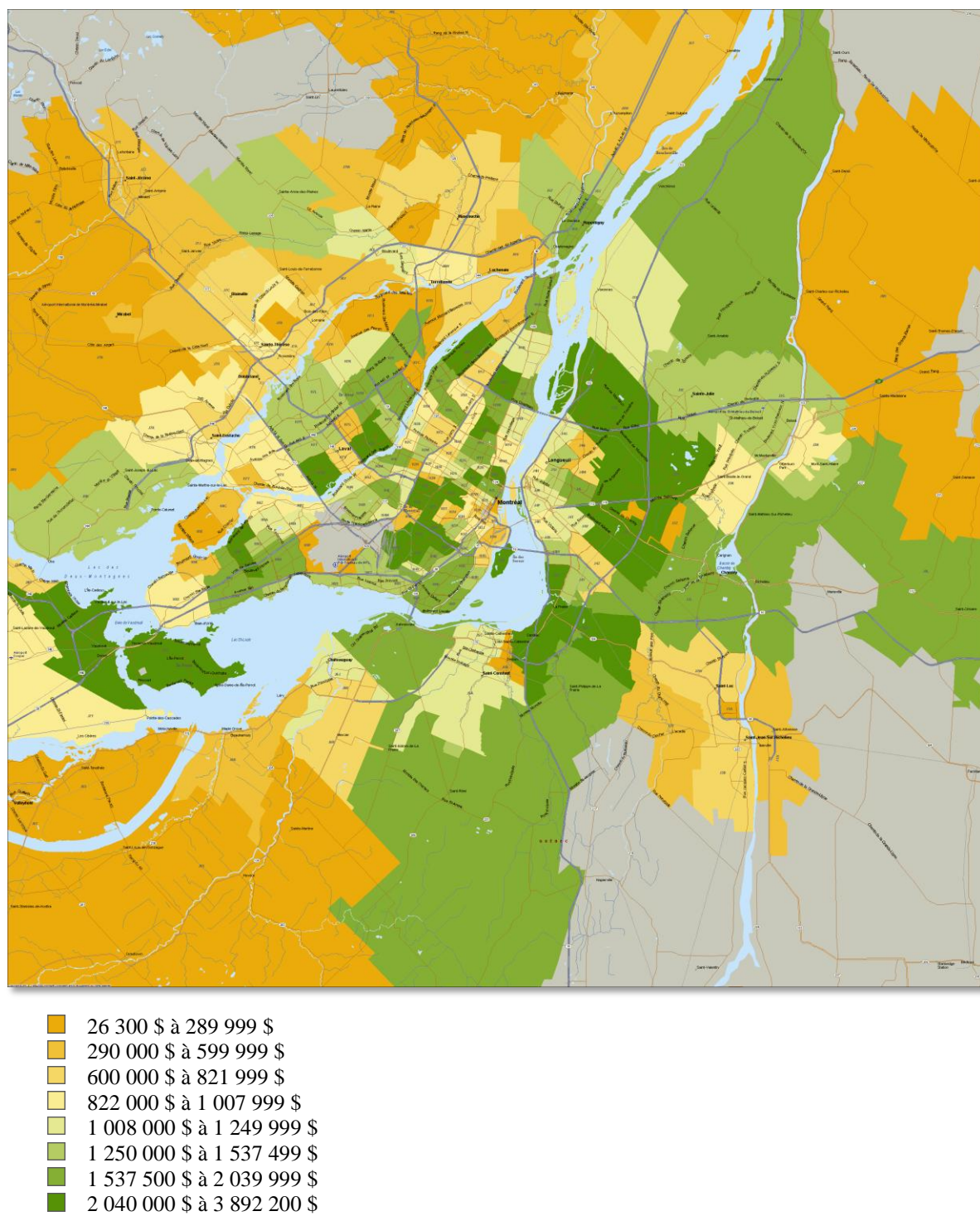


Tableau 35 : Nombre de véhicules retirés de la circulation (2004)

	Scénario 1		Scénario 2	
Montréal	10 128 151	79,75 %	20 355 878	82,77 %
<i>Est</i>	2 126 443	16,74 %	4 958 457	20,16 %
<i>Centre</i>	7 222 786	56,87 %	13 794 266	56,09 %
<i>Ouest</i>	778 922	6,13 %	1 603 155	6,52 %
Rive-Sud	1 067 066	8,40 %	1 684 019	6,85 %
Laval	589 600	4,64 %	1 006 753	4,09 %
Couronne nord	371 497	2,93 %	631 595	2,57 %
Couronne sud	543 792	4,28 %	916 441	3,73 %

Tableau 36 : Revenus annuels du péage (2004)

	Scénario 1		Scénario 2	
Montréal	73 750 945,63 \$	55,80 %	125 939 517,82 \$	58,21 %
<i>Est</i>	16 428 472,76 \$	12,43 %	28 233 800,52 \$	13,05 %
<i>Centre</i>	43 659 815,96 \$	33,04 %	74 129 152,86 \$	34,26 %
<i>Ouest</i>	13 662 656,91 \$	10,34 %	23 576 564,44 \$	10,90 %
Rive-Sud	19 261 679,76 \$	14,57 %	27 726 433,84 \$	12,82 %
Laval	11 269 012,80 \$	8,53 %	19 241 503,28 \$	8,89 %
Couronne nord	11 467 055,58 \$	8,68 %	17 575 961,04 \$	8,12 %
Couronne sud	16 412 451,08 \$	12,42 %	25 870 494,30 \$	11,96 %

## Annexe III – Liste des modifications apportées aux données de l'enquête Origine-Destination

Génération d'un motif pour les trajets **retour au domicile** (11) pour la zone de péage 2.

Motifs	Trajets	Déplacements réels
<b>Retour au domicile avec présence d'un trajet précédent se situant dans la zone de péage 2</b>		
Travail (1)	13 304	349 958
Rendez-vous d'affaires (2)	606	16 491
Sur la route (3)	204	5 394
École (4)	5 884	159 986
Magasinage (5)	2 499	71 942
Loisir (6)	2 828	78 521
Visite d'ami(e)s / parenté (7)	985	28 268
Santé (8)	719	21 174
Reconduire quelqu'un (9)	672	18 268
Chercher quelqu'un (10)	852	22 514
Autre (12)	1 062	29 796
Retour au domicile (11)	29 615	802 311
<b>Retour au domicile avec présence d'un trajet précédent ne se situant pas dans la zone de péage 2</b>		
Travail (1)	10	259
Magasinage (5)	3	83
Visite d'ami(e)s / parenté (7)	2	42
Santé (8) <sup>1</sup>	1	45
Autre (12)	2	70
Retour au domicile (11)	18	498
<b>Retour au domicile sans présence d'un trajet précédent</b>		
Retour au domicile (11)	260	6 796

<sup>1</sup> Le trajet précédent n'était pas considéré, car le répondant ne pouvait déterminer le mode de transport utilisé.



Attribution d'un secteur de recensement pour les individus dont le domicile est à l'extérieur de la RMR en fonction des données sur la subdivision de recensement (municipalités).

<b>SDR</b>	<b>SR</b>	<b>Municipalité</b>	<b>SM</b>	<b>Trajets</b>	<b>Déplacements réels</b>
57033	2457033	Saint-Jean-Baptiste [P]	524	17	429
57050	2457050	Saint-Marc-sur-Richelieu [M]	525	22	170
57057	2457057	Saint-Charles-sur-Richelieu [M]	525	30	290
57068	2457068	Saint-Denis-sur-Richelieu [M]	525	34	323
57075	2457075	Saint-Antoine-sur-Richelieu [M]	525	20	205
59025	2459025	Verchères [M]	532	45	966
59035	2459035	Contrecoeur [V]	532	24	715
60035	2460035	L'Épiphanie [V]	613	11	251
60040	2460040	L'Épiphanie [P]	613	15	226
63035	2463035	Saint-Roch-de-l'Achigan [P]	613	18	366
68025	2468025	Saint-Patrice-de-Sherrington [P]	551	9	126
68045	2468045	Saint-Édouard [P]	551	14	138
68050	2468050	Saint-Michel [P]	551	31	322
68055	2468055	Saint-Rémi [V]	551	47	486
70045	2470045	Salaberry-de-Valleyfield [V]	562	38	1 040
70050	2470050	Grande-Île [M]	562	7	146
70055	2470055	Saint-Timothée [V]	562	18	475
71033	2471033	Les Coteaux [M]	571	12	255
71040	2471040	Coteau-du-Lac [M]	571	17	358
71045	2471045	Saint-Clet [M]	571	8	146
71133	2471133	Rigaud [M]	575	37	851
				<b>474</b>	<b>8 282</b>

Attribution d'un revenu moyen pour les secteurs de recensement où l'information était inconnue

SR	Municipalité	Sexe	Revenu moyen	Trajets	Déplacements réels
4620014.02	Montréal	H	31 365 \$	2	69
		F	23 434 \$	4	146
4620054	Montréal	H	31 365 \$	69	1 416
		F	23 434 \$	58	986
4620056	Montréal	H	31 365 \$	56	1 202
		F	23 434 \$	53	1 049
4620064	Montréal	H	31 365 \$	81	1 240
		F	23 434 \$	94	1 150
4620091	Montréal	F	23 434 \$	2	58
4620127.02	Montréal	F	23 434 \$	2	71
				<b>421</b>	<b>7 388</b>



